Das populäre Magazin für Astronomie und Raumfahrt

Spektrum DER WISSENSCHAFT

ASTRONOMIE HEUTE

SKY & TELESCOPE DEUTSCHE AUSGABE

WWW.ASTRONOMIE-HEUTE.DE

Juni
6 / 2006
€ 6,50 / sFr 12,50

NEUE ALLIANZEN

Bestimmen Europa und Asien die Zukunft der Raumfahrt?

60463

TOTALE SONNEN-FINSTERNIS

Die schönsten Fotos unserer Leser

KOSMOLOGISCHE KONSTANTE

Supernova-Daten bestätigen Einstein

4 196046 306506 06

Oliver Dreissigacker
Redaktionsleiter

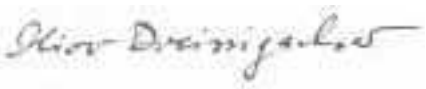
Wir sind WM!

Liebe Leserinnen und Leser, auch an den Mitarbeitern des Verlags geht die nahende Fußball-Weltmeisterschaft nicht spurlos vorüber. Da wird orakelt und getippt, und die Chancen der deutschen Elf werden auf jede erdenkliche Weise wissenschaftlich analysiert. So werden in der Mai-Ausgabe von Spektrum der Wissenschaft die Flugeigenschaften des Balls untersucht, während sich das Gehirn & Geist-Lexikon unter dem optimistischen Titel »W wie Weltmeister« nicht so ganz bierernst mit der Psyche der Platz- und Kurvenbevölkerung beschäftigt.

Natürlich wollen wir in ASTRONOMIE HEUTE, was den Ausgang des Turniers angeht, nicht in Sterndeuterei verfallen. Möge einfach der Beste gewinnen. Nutzen wir doch die Möglichkeit, die angereisten Fans des Leders aus aller Herren Länder kennen zu lernen. Wir als Astronomiebegeisterte haben besonders viele Anknüpfungspunkte, um ins Gespräch zu kommen. Ganz gleich, ob wir mit Fans der Equipe Tricolore über Charles Messier parlieren, mit denen der Lions über William Herschel chatten, mit den Tifosi in Gedanken zu den vier Satelliti Galileiani reisen oder uns von den Anhängern der Seleção von der Großen und Kleinen Nuvem de Magalhães vorschwärmen lassen – die Weichen für multilaterale Sternpartys sind gestellt. Beim Feiern sollte letztendlich egal sein, welche Stars in den Stadien und Arenen strahlen oder untergehen.

Auch »Blattmachen« ist eine Art Mannschaftssport. Erinnern Sie sich an den Artikel über den Heilbronner Hohlglobus (AH 10/2005, S. 56) von Alexander Kerste? Wir haben den Autor, nachdem er zwei weitere Beiträge eingereicht hat, für die restliche Saison als Libero gewinnen können. Agent war in diesem Fall die Webseite www.astronomie.de. Als »Transfersumme« schildert er dort in dem dafür eigens gestarteten Blog-Bereich seine Erfahrungen in unserem »Verein«.

Herzlichst, Ihr »Spielmacher«



PS: Noch nie erreichten uns so viele Glanzlichter-Einsendungen wie nach der Sonnenfinsternis. Vielen Dank allen Fotografen! Bitte haben Sie Verständnis dafür, dass wir nur einen Bruchteil der Bilder im Heft unterbringen können.

Die 27 Sterne der brasilianischen Flagge symbolisieren die 26 Bundesstaaten und den Bundesdistrikt. Die Australier konzentrieren sich auf das Kreuz des Südens und Alpha Centauri.

Dieses Icon führt zu Alexander Kerstes »AstroBlog«

INHALT

WISSEN

Astro News 8
Venus Express am Ziel, Blauer Ring des Uranus, Xena u. a.

▶ **Die kosmologische Konstante** 12
Einsteins mathematischer Kunstgriff erweist sich im Nachhinein als äußerst inhaltsschwer

Leben wie auf Mars 18
Das Tagebuch eines ungewöhnlichen Weltraumplanspiels

▶ **Neue Allianzen** 24
Ein Blick auf die nahe Zukunft der bemannten Raumfahrt

Rasender Schutt im All 30
Der Weltraumschrott ist zum ernsten Problem für die Raumfahrt geworden

BEOBACHTUNG

Planetarium 39
Die Frühlingssternbilder präsentieren dem aufmerksamen Beobachter ihre Schätze

Feldstechertipp 41
Zwei funkelnde Kronjuwelen – R und T Coronae Borealis

Sterntafel 42
Der mitternächtliche Himmel in der Übersicht

Nahaufnahme 44
Zwischen den beiden Bären windet sich ein Lindwurm

Deep Sky 46
M 51, der kosmische Whirlpool, sprudelt über unseren Köpfen

SZENE

Porträt 50
Stanislaw Lem schuf Sciencefiction auf dem Niveau von Weltliteratur

Nachgeschaut 52
Mit Planetenzeichnungen auf der Spur großer Astronomen

Unterwegs 54
Die AH-Leserreise zur Sonnenfinsternis führte ins Land der Pharaonen

Die auf der Titelseite angekündigten Themen sind mit ▲ gekennzeichnet

Mysteriöse Kraft 12

Was Einstein nicht ahnen konnte: Seine vor neunzig Jahren eingeführte kosmologische Konstante spiegelt die Eigenschaften der geheimnisvollen Dunklen Energie wider

TITEL 24

ESA

Aufbruch im Osten Japan, China und Indien schicken sich an, gemeinsam mit Russland und der Esa die Raumfahrt umzukrempeln

Die Mars-Chroniken

18

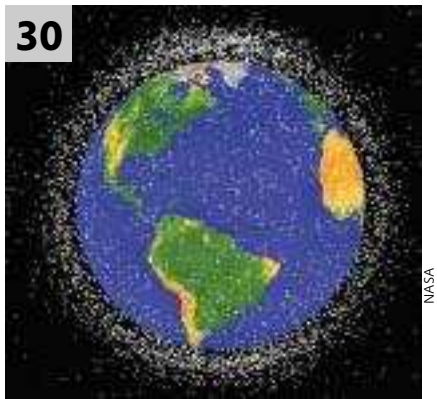
Zwei Wochen lang probte ein Team in der Wüste Utahs den Aufenthalt auf dem Roten Planeten. Begleiten Sie unseren Reporter Guido Meyer in eine irdische Marssiedlung

GUIDO MEYER

Tödliche Geschosse

30

Schrottteile in der Erdumlaufbahn sind schneller als Gewehrkugeln. Experten arbeiten bereits an schusssicheren Raumschiffpanzerungen



NASA

wis
wissenschaft in die schulen!

GEMINI OBS.

STANISLAVA ZEKL

54 Schatten in der Wüste

Beduinenzelte bewohnen, Pyramiden besichtigen, Sonnenfinsternis genießen: Die AH-Leserreise nach Ägypten bot für alle Beteiligten etwas

JOHANNES OHLERT

58 Schwarze Sonne

Nach der totalen Sonnenfinsternis erreichte uns eine Flut von beeindruckenden Leserfotos. Erleben Sie die Faszination des Naturschauspiels noch einmal!

Ein Kat für alle Fälle 64

Sie können sich nicht zwischen Linsen- und Spiegelfernrohr entscheiden? Wie wäre es mit einer Kombination daraus? Lesen Sie, was katadioptrische Teleskope können

NIGHT SKY, C.M. UTTER/AH

TIPPS

Glanzlichter 58
Die schönsten Bilder der totalen Sonnenfinsternis vom März 2006

Hochglanz 62
So bringen Sie Ihren Bildern das Laufen bei

Teleskopmarkt 64
Katadioptrische Fernrohre sind kompakt und leistungsfähig

Neuheiten 70
Ferngläser, Teleskope und mehr

AH-Junior 72
Warum fliegen Raketen?

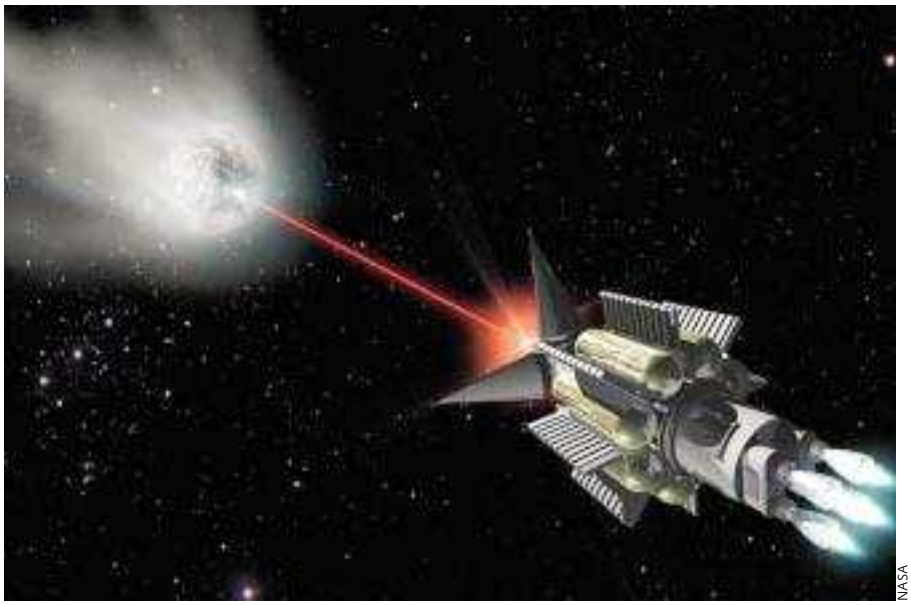
Bücher 76
Astrofotografie, Galileis Weg

TV & Events 78

3 Editorial • 6 Leserbriefe • 7 Leser fragen – Experten antworten • 80 Preisrätsel • 81 Astromarkt • 82 Vorschau / Impressum

Titelbild: In naher Zukunft könnten europäische Astronauten zum Mond fliegen, um dort gemeinsam mit anderen Nationen eine Mondbasis aufzubauen

Großes Bild: Esa; unten links: Christoph Rollwagen; unten rechts: Crystal Brogan, VLA, IFA Hawaii



NASA

Der Einschlag eines Asteroiden steht uns im Moment glücklicherweise nicht bevor. Aber die Nasa überlegt dennoch seit geraumer Zeit ernsthaft, wie man die Erde in so einem Fall schützen könnte.

April, April!

Ich würde gerne wissen, ob es einen Asteroiden mit den Namen ALH 2804-C gibt, da ich gelesen habe, er befinde sich auf Kollisionskurs mit der Erde.

unter anderem Leopold Gruber, Wien

Antwort der Redaktion:
Die Meldung über ALH 2804-C war auf der Webseite www.wissen-news.de zu lesen. Darin hieß es, der Asteroid würde vermutlich auf der Erde einschlagen, gewaltige Tsunamis und eine globale Klimakatastrophe auslösen. Die Raumfahrtorganisationen, hieß es weiter, würden im Moment beraten, was sie gegen den Asteroiden unternehmen könnten.

Die Datumsangabe am Ende dieser Meldung ist sehr klein und daher leicht zu übersehen: 01. 04. – ein Aprilscherz aus dem letzten Jahr.

Speziell versus Allgemein

»Leser fragen – Experten antworten«
AH 4/2006, S. 7

Bezugnehmend auf die Antwort von Andreas Müller auf die Frage »Was verbirgt sich eigentlich hinter dem Ereignishorizont?« möchte ich folgende Anmerkung machen: Kein Teilchen mit einer endlichen Ruhemasse kann die Lichtgeschwindigkeit exakt erreichen. Die Relativitätstheorie Einsteins lässt das nicht zu. Denn es entspräche einer Division durch null, von der schon jeder Schüler weiß, dass sie nicht definiert ist. Das heißt also, ein Teilchen mit endlicher Ruhemasse kann sich der Lichtgeschwindigkeit nur annähern, sie aber nie erreichen. Wenn dem nicht so wäre, hätte jeder Körper, der in ein Schwarzes Loch fiele, mindestens die Masse des gesamten Universums oder nach $E = m c^2$ dessen Energie. Ist das schon beobachtet worden?

Christian Erdmann, Chemnitz

Antwort der Redaktion:
Sie beziehen sich auf die Lorentztransformation, die in den Gleichungen der Speziellen Relativitätstheorie auftaucht. Danach wird die Masse eines Teilchens, dessen Ruhemasse ungleich null ist, unendlich hoch, sobald es sich relativ zu einem bestimmten Bezugspunkt mit Lichtgeschwindigkeit bewegt. Für eine Beschreibung der Prozesse am Ereignishorizont muss man jedoch die Allgemeine Relativitätstheorie verwenden. Diese stellt eine Erweiterung der Speziellen Relativitätstheorie dar und enthält zusätzliche mathematische Ausdrücke. Wenn man diese Zusatzterme berücksichtigt, erhält man das von Herrn Müller beschriebene Ergebnis.

Planetenoberflächen

Wenn von der Größe der Planeten die Rede ist, stellt sich für mich immer die Frage, wie diese bei einem Gasriesen festgelegt wird. Wo ist bei einem solchen Planeten die Oberfläche und wo beginnt die Atmosphäre? Gibt es bei einem Gesteinsplaneten auch so etwas ähnliches wie Normalnull?

Georg Bauer, per E-Mail

Antwort der Redaktion:
Planeten wie Jupiter und Saturn bestehen hauptsächlich aus Wasserstoff und Helium. Diese Gase umgeben einen Gesteinskern von etwa zehn bis zwanzig Erdmassen. Durch den enormen Druck des Gases verflüssigt sich der Wasserstoff irgendwo im Innern der gewaltigen Hülle und bildet eine Art Ozean. Den Übergang von gasförmig zu flüssig kann man als Oberfläche interpretieren. Bei Jupiter liegt er in einer Entfernung vom Mittelpunkt, die etwa 78 Prozent seines Radius entspricht. Bei Saturn ist er nicht eindeutig auszumachen.

Genau dazwischen

»Splitter des Mondlichts«
AH 5/2006, S. 32

Sie schreiben: »Stünde der Mond jedes Mal präzise zwischen Erde und Sonne, könnten wir in jedem Monat eine Sonnenfinsternis beobachten.« Das klingt verlockend. Totale Sonnenfinsternisse gäbe es dann aber nur noch zwischen den Wendekreisen. In den übrigen Gebieten der Erde müsste man sich mit partiellen Finsternissen begnügen. Wir würden dann nie in den Genuss einer totalen Sonnenfinsternis kommen. Bei der geneigten Mondbahn ist das immerhin der Fall, wenn auch nur sehr selten.

Arnold Zenkert, Potsdam

Briefe an die Redaktion …

… sind willkommen!

Schreiben Sie an:
ASTRONOMIE HEUTE
Postfach 10 48 40
D-69038 Heidelberg
Fax: 06221 9126-769
E-Mail: redaktion@astronomie-heute.de

Wir behalten uns vor, Leserbriefe gekürzt zu veröffentlichen.

»Leser fragen – Experten antworten«

Warum haben sich die Ringe des Saturn als Ringe und nicht als Wolke gebildet?
Daniel Weiss, Mannheim

Bis heute ist die Entstehung der Saturnringe ungeklärt. Der Planet, seine Monde und Ringe entstanden nach der Akkretionstheorie vor zirka viereinhalb Milliarden Jahren fast gleichzeitig und schnell aus einer frühen planetaren Gas- und Staubwolke. Wo sich keine Monde bilden konnten, blieb eine dünne flache Scheibe um den Äquator zurück. Nach der alternativen Trümmertheorie entwickelte sich das Saturnsystem mit den Monden aus einer Gas- und Staubwolke. Erst später zerplatzte ein Mond (etwa durch den Zusammenstoß mit einem großen Meteoroiden) und verstreute Trümmerstücke, die sich um den Saturn herum verteilten und sich durch gegenseitige Stöße zerrieben.

Der Ring ist also nicht als solcher entstanden, vielmehr ist er die späte Folge der dynamischen Entwicklung von Staubteilchen, die weiter um den Planeten verteilt waren. In dichten Staubwolken stoßen die Teilchen aneinander und verlieren Energie. Dadurch verringert sich ihre Bahnhöhe, ihr Drehimpuls bleibt jedoch erhalten. So wird aus einem donutförmigen Staubtorus eine dünne breite Scheibe am Saturnäquator. Obwohl der Planet einen Durchmesser von 120 000 Kilometern hat, ist die Staubscheibe nur ungefähr 150 Meter dick!

Noch ist unklar, ob der Staubring des Saturns, wie er vor mehr als vier Milliarden Jahren entstanden ist, überhaupt so lange überleben konnte, um heute noch beobachtbar zu sein. Er verliert viele seiner Teilchen dadurch, dass sie nach innen wandern und vom Planeten verschluckt werden. Demnach müssten dem Ring von außen immer wieder Teilchen zugeführt werden. Mögliche Quellen können eingefangene Meteoroiden aus dem Sonnensystem oder kleine Partikel von den Oberflächen der Saturnmonde sein. Der Ring besteht vorwiegend aus Wassereisteilchen, die zwischen einem tausendstel Millimeter und einigen Metern groß sind. **>> Ralf Srama**

Am MPI für Kernphysik in Heidelberg erforscht der Autor Teilchen der Saturnringe mit dem Staubdetektor der Cassini-Sonde.

NASA

Ungeklärt ist nach wie vor die Frage, wie die Ringe des Planeten Saturn entstanden.

Senden Sie uns Ihre Fragen zu Astronomie und Raumfahrt! Wir bitten Experten um Antworten und stellen die interessantesten Beiträge vor.

VENUSFORSCHUNG

Ritt um den Abendstern

Am 11. April trat die europäische Sonde Venus Express in eine Umlaufbahn um die Venus ein. Ihre Instrumente sollen mindestens 500 Tage lang Messdaten von dem Planeten liefern (siehe AH 11/2005, S. 22). Wir sprachen mit dem Projektmanager der Mission, Don McCoy.

ASTRONOMIE HEUTE: Herr McCoy, worin bestand die besondere Herausforderung dieser Mission?

Don McCoy: Wir hatten sehr wenig Zeit, das Projekt auf die Beine zu stellen. Venus Express wurde 2001 beschlossen und sollte bereits 2005 starten. Also blieben uns nur vier Jahre, davon lediglich drei für den Bau der Sonde. Das ist für ein Vorhaben dieser Art sehr kurz.

AH: Aber Sie konnten doch viele Bauteile von der Schwestersonde Mars Express übernehmen, die seit 2003 um den Roten Planeten kreist?

McCoy: Das ist richtig. Wir haben auf viele Technologien von Mars Express zurückgreifen können, und das war in der Tat auch die einzige Möglichkeit, das Vorhaben derart schnell startbereit zu machen. Wir mussten die Technik allerdings an die Umgebung der Venus anpassen. Die größte Schwierigkeit für uns bestand darin, nicht zu viel zu verändern, sonst wären wir unweigerlich ins Hintertreffen geraten.

AH: Venus Express hat kein Radarinstrument an Bord – im Gegensatz zu Mars Express. Warum?

McCoy: Ursprünglich war für diese Mission ein Radar vorgesehen. Die Kollegen, die für die Entwicklung und den Bau des Geräts verantwortlich waren, verfügten aber nur über ein begrenztes Budget. Sie standen vor der Wahl, entweder Mars Express oder Venus Express damit zu bestücken – und haben sich für Ersteres entschieden.

AH: Gab es keine zusätzlichen Gelder von der Esa?

McCoy: In diesem speziellen Fall nicht. Es hätte sich auch um einen großen Betrag gehandelt.

AH: Aber wäre ein Radarinstrument nicht von großem Nutzen für die Mission gewesen?

McCoy: Wir könnten damit sicherlich interessante Daten gewinnen und hätten eine gute Ergänzung zu den anderen Instrumenten, keine Frage. Venus Express dient jedoch vor allem der Erforschung der Venusatmosphäre, während ein Radar wie das auf Mars Express uns vorwiegend bei Oberflächenuntersuchungen nützen würde. Insofern hält sich der Verlust für die Mission in Grenzen. Wir haben aber ein Instrument an Bord, das das Radar zum Teil ersetzen kann: das Radiosondierungsgerät. Es erlaubt uns zu untersuchen, wie Radiosignale von der Venusoberfläche zurückgeworfen werden. Das verrät einiges über ihre Beschaffenheit.

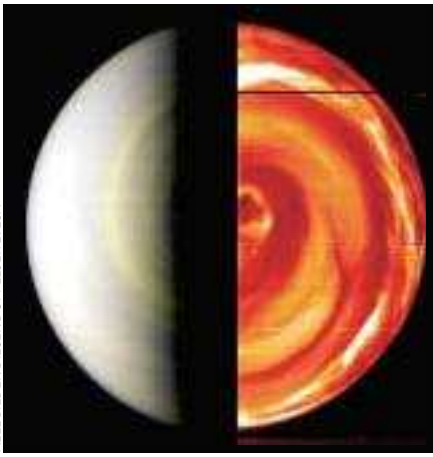
AH: Inwiefern?

McCoy: Wir können damit die Rauigkeit und Struktur der Oberfläche bestimmen. Zudem erfahren wir etwas über ihre mineralogische Zusammensetzung, weil verschiedene Minerale die Radiowellen unterschiedlich reflektieren.

AH: Können Sie mit dem Radiosondierungsgerät auch Vulkane sehen?

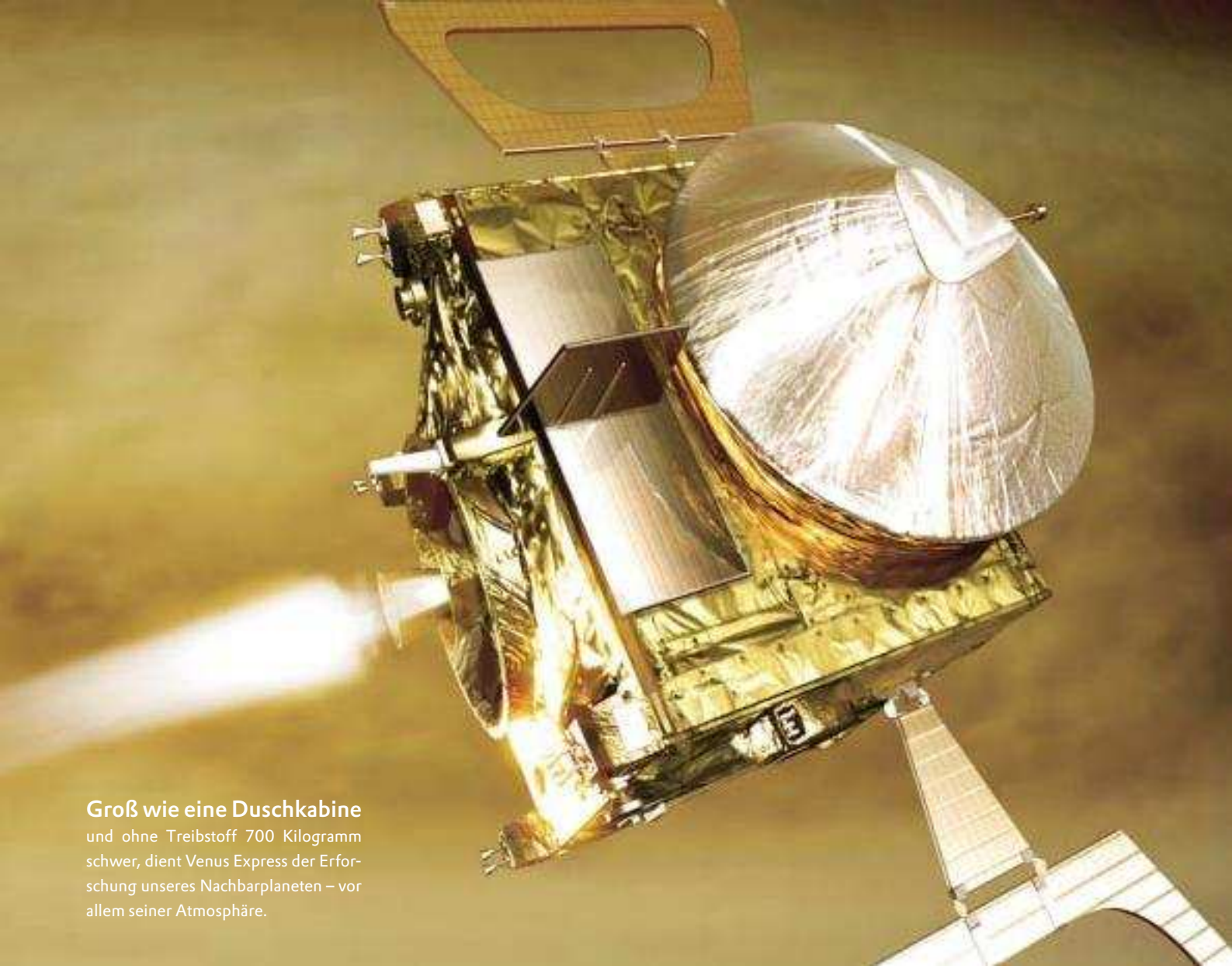
McCoy: Wahrscheinlich ja. Aber das geht ebenso mit anderen Bordinstrumenten, zum Beispiel den Spektrometern, die durch »Infrarotfenster« – das sind bestimmte Bereiche im Infraroten bei einigen Mikrometern Wellenlänge – durch die dichte Venusatmosphäre blicken können. Wenn es am Boden aktive Vulkane gibt, dann stoßen sie bestimmte Chemikalien aus, die wir mittels der Spektrometer identifizieren können.

AH: Erhalten Sie mit dieser Technik auch Abbildungen von der Oberfläche der Venus?



ALLE BILDER DIESER DOPPELSEITE: ESA

Einen Tag nach dem Einschwenken in eine Venusumlaufbahn lieferte Venus Express die ersten Aufnahmen vom Südpol des Planeten. Die linke Bildhälfte entspricht der Tagseite und ist aus mehreren Fotos zusammengesetzt. Sie zeigt die Oberseite der Wolken bis hinunter zu 65 Kilometer über dem Boden. Die rechte Bildhälfte entspricht der Nachtseite. Sie wurde durch einen Infrarotfilter aufgenommen und zeigt Wolkenstrukturen in etwa 55 Kilometer Höhe.



Groß wie eine Duschkabine
und ohne Treibstoff 700 Kilogramm schwer, dient Venus Express der Erforschung unseres Nachbarplaneten – vor allem seiner Atmosphäre.

McCoy: Ja, aber mit geringerer Auflösung als bei Fotos, die im sichtbaren Bereich aufgenommen werden. Man sieht nur die grobe Topologie, weil das Licht beim Durchgang durch die Atmosphäre verändert wird. Jedoch liefern uns Infrarotbilder eine Menge weiterer Informationen, etwa über die Temperaturverteilung am Boden.

AH: Den Informationen nach können Sie mittels der Infrarotfenster auch die unteren Atmosphärenschichten untersuchen.

McCoy: Das stimmt. Wir können dort Chemikalien nachweisen, Temperaturen messen, Strömungen untersuchen und Wolkenschichten erkennen.

AH: Gibt es zurzeit irgendwelche konkreten Vorstellungen, woher die Superrotation der Venusatmosphäre rührt – also das Phänomen, dass die obere Gashülle den Planeten einmal in vier Tagen komplett umrundet?

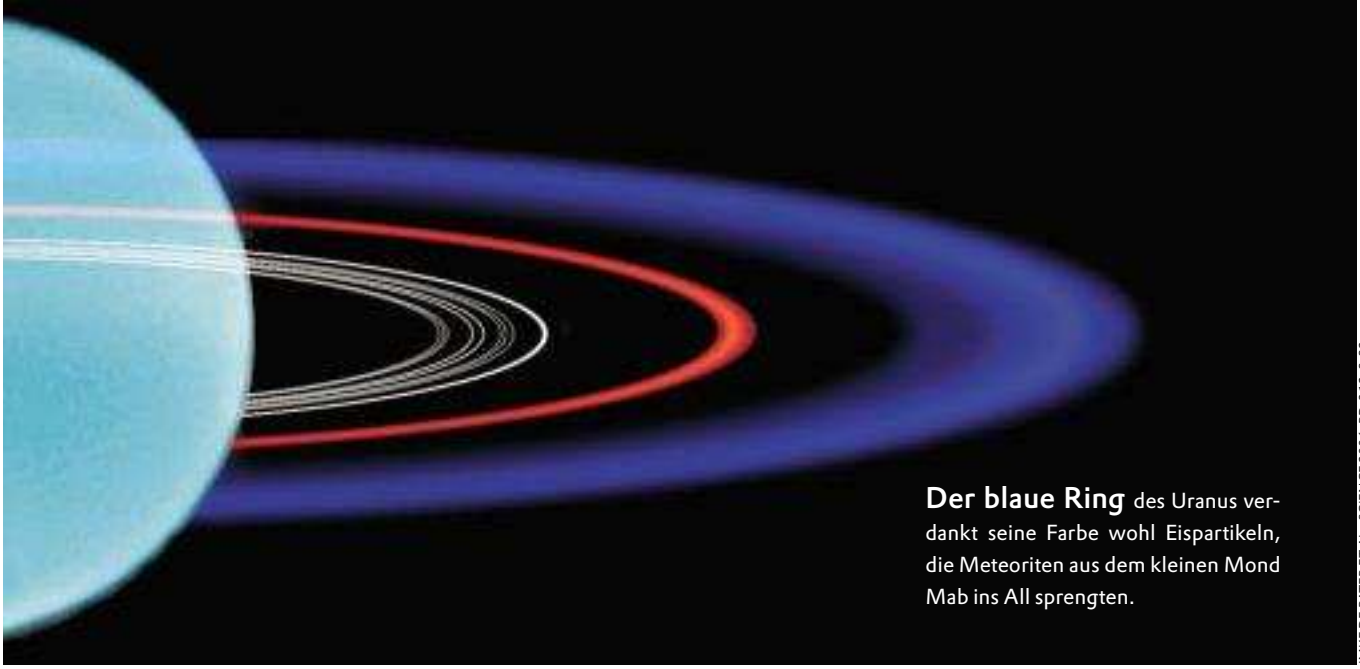
McCoy: Im Moment noch nicht. Ich hoffe aber, dass Venus Express diese Frage klären hilft.

AH: Gelegentlich haben Experten darüber spekuliert, ob in der Venusatmosphäre Mikroben leben könnten. Halten Sie das für denkbar?

McCoy: Ich verstehe den Gedankengang dahinter. Vor einiger Zeit haben Forscher hier auf der Erde extremophile Mikroorganismen entdeckt, die am Grund der Ozeane oder kilometertief in der Erdkruste, bei riesigen Wasserdrücken oder außerordentlich hohen Temperaturen leben. Da liegt es nahe, eine Verbindung zur Venus zu ziehen, wo wir ja auch sehr hohe Atmosphärendrücke und Temperaturen haben. Ob es dort Leben gibt? – ich weiß es nicht. Vielleicht finden wir es bald heraus. <<

Die Fragen stellte **Frank Schubert.**

Don McCoy stammt aus dem kanadischen Winnipeg. Er studierte Chemie, Bauingenieurswesen sowie Luft- und Raumfahrt. 1986 kam er zur Esa und ist seit 2004 Projektmanager von Venus Express.



Der blaue Ring des Uranus verdankt seine Farbe wohl Eispartikeln, die Meteoriten aus dem kleinen Mond Mab ins All sprengten.

IMKE DE PATER ET AL., SCIENCE 2006, BD. 312, S. 92

WELTRAUMTELESKOP

Uranus hat blauen Ring

Mit dem Hubble Space Telescope haben Astronomen zwei neue Ringe des Uranus entdeckt. Besonders fasziniert die Forscher um Imke de Pater von der University of California in Berkeley, dass der äußere der beiden blau leuchtet. Bisher war im Sonnensystem nur ein einziger blauer Ring bekannt. Er gehört zu Saturn und verdankt seine Farbe eingefangenen Eispartikeln des Monds Enceladus.

Die Forscher vermuten, dass auch der Uranusring seine blaue Farbe dem Eis verdankt. Es stammt wohl von dem nur etwa 25 Kilometer großen Mond Mab, der an der Innenseite des blauen Rings um Uranus kreist.

Das Blau entsteht, wenn die nicht einmal zehntausendstel Millimeter großen Eiskristalle das Sonnenlicht reflektieren. Während Enceladus das gefrorene Wasser durch Geysire ins All schleudert (AH 5/2006, S. 8), wurde es im Fall des Uranusrings vermutlich durch Meteoriteneinschläge auf der Oberfläche von Mab ins All gewirbelt.

GAMMASTRAHLENAUSBRÜCHE

Keine Angst vor gefährlichen Strahlen

Prinzipiell ist die Sorge berechtigt: Ein Gammastrahlenausbruch in unserer Galaxis könnte für das Leben auf der Erde durchaus fatale Folgen haben. Diese Explosionen entstehen, wenn massereiche Sterne in Supernovae vergehen und zu Schwarzen Löchern kollabieren. Innerhalb von Sekunden bis Minuten wird dabei mehr Energie freigesetzt als durch die Sonne in ihrem Milliarden Jahre langen Leben.

Dass wir dennoch gelassen in die Zukunft blicken können, hat nach Ansicht eines Astronomenteams um Krzysztof Stanek von der Ohio State University in Columbus einen schlichten Grund: In der Milchstraße gibt es offenbar keine Sterne, die an ihrem Ende lang andauernde und deshalb für die Erde gefährliche Gamma Ray Bursts (GRB) aussenden könnten.

Die Forscher hatten in umliegenden Galaxien vier solcher GRBs analysiert und festgestellt, dass die Sterne in den Systemen vornehmlich aus den leichten Elementen Wasserstoff und Helium bestehen. Schwerere Elemente, die erst nach vielen Sterngenerationen entstehen, waren indes kaum zu finden. Unsere Galaxis hingegen ist alt, ihre Sterne enthalten somit größere Mengen schwerer Elemente. Und solche Gestirne, so die Theorie, verlieren schon zu Lebzeiten so viel Materie, dass ihre Masse am Ende nicht ausreicht, um diese lang andauernden GRBs zu erzeugen.

KUIPER-GÜRTEL

Xena kleiner als gedacht

Vor zwei Monaten war in ASTRONOMIE HEUTE noch zu lesen, das kürzlich im Kuiper-Gürtel entdeckte Objekt 2003 UB_{313} habe einen Durchmesser von rund 3000 Kilomtern – und sei somit 700 Kilometer größer als Pluto (AH 4/2006, S. 11). Doch beruhten diese Angaben auf den Messungen mit irdischen Teleskopen – und lagen offenbar ziemlich daneben. Denn den Daten des Hubble Space Telescopes zufolge misst Xena, wie der Körper vorläufig heißt, im Durchmesser nur etwa 2400 Kilometer. UB-313 ist somit nur gut hundert Kilometer größer als Pluto.

Bei ihrer ersten Schätzung hatten Astronomen um Frank Bertoldi von der Universität Bonn vorausgesetzt, die Oberfläche von Xena strahle ähnlich wie Pluto etwa sechzig Prozent des Sonnenlichts zurück. Die Vermessungen mit dem Weltraumteleskop beweisen jedoch, dass UB-313 mehr als 85 Prozent der Strahlung reflektiert.

Die Forscher um den Xena-Entdecker Mike Brown vom California Institute of Technology in Pasadena vermuten, die hellere Oberfläche weise auf das Vorkommen von Methaneis hin. Zwar ist auch Pluto davon bedeckt, dort ist es aber vielerorts unter dunklem Staub verborgen. Xenas Eisoberfläche müsste ebenso durch den Sonnenwind geschwärzt werden. Womöglich wird das Eis also durch einen unbekannten Prozess ständig erneuert.

RAUMFAHRT

Mond unter Beschuss

Was im Juli 2005 beim Kometen Tempel 1 klappte, plant die Nasa nun auch mit unserem Mond: den Beschuss mit einem Projektil. Das Ziel ist die Suche nach gefrorenem Wasser, das die Astronauten einer zukünftigen Mondstation zum Leben, aber auch zur Herstellung von Raketentreibstoff nutzen könnten.

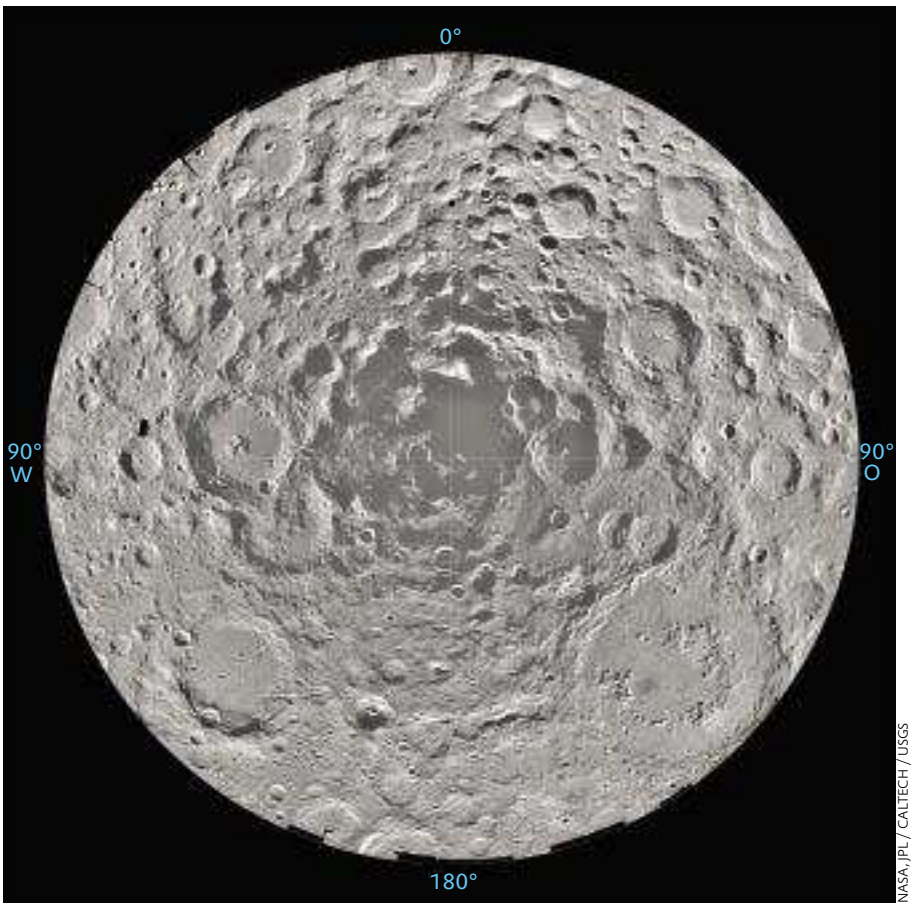
Der Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO) soll im Oktober 2008 starten. Wie der Chef des Projekts Daniel Andrews mitteilte, wird der Orbiter zunächst ein etwa zwei Tonnen schweres Projektil aus dem All abfeuern. Ziel ist der Boden des in Südpolnähe gelegenen Shackelton-Kraters. Dieser ist nur 19 Kilometer groß und liegt permanent im Schatten. Die Forscher vermuten deshalb, dass sich dort Wassereis befinden könnte.

Nach dem Einschlag wird eine 880 Kilogramm schwere Beobachtungssonde durch die bis zu sechzig Kilometer hoch aufgewirbelte Staubwolke fliegen und Messungen durchführen. Ungefähr eine Viertelstunde später soll auch diese Sonde gezielt abstürzen. Auf die zweite Kollision richten sich die Instrumente des LRO, aber auch zahlreiche irdische Teleskope.

Andrews und seine Kollegen gehen davon aus, dass der so erzeugte Krater etwa dreißig Meter Durchmesser haben und fünf Meter tief sein wird. Dabei dürften mehr als tausend Tonnen Mondmaterial herausgeschleudert werden.

Die sechzig Millionen Euro teure Mission dient der Planung eines Basislagers auf dem Mond. Von dort sollen spätestens im Jahr 2020 die Vorbereitungen für bemannte Marsflüge beginnen. Nach dem Beschuss wird LRO deshalb ein Jahr lang aus rund fünfzig Kilometer Höhe nach geeigneten Bauplätzen suchen.

Der Südpol des Monds liegt nur einige Kilometer vom Zentrum des kleinen Shackleton-Kraters entfernt. Sein Inneres wird niemals vom Sonnenlicht beschienen. Forscher hoffen deshalb, dort gefrorenes Eis zu finden.



NASA, JPL / CALTECH / USGS

Große Auswahl, kompetente Beratung, guter Service!

Aber damit geht es bei uns erst los! Bevor wir zu einem bestimmten Kauf raten, wollen wir sicher sein, Ihnen auch wirklich das Optimum des Verfügbaren in Bezug auf Ihre Bedürfnisse, Größe, Transportabilität, Qualität und Preis aus der Vielzahl der Marktanbieter herausgesucht zu haben. Wir stellen auf Wunsch das Instrument nicht nur auf, sondern wir weisen ein, beraten beim Zubehör, geben Ihnen Beobachtungstipps, ja wir beobachten auf Wunsch sogar mit Ihnen, um Ihnen den Einstieg in Ihr neues Hobby so angenehm und so einfach wie nur möglich zu machen.

NEU: 20x80 Groß-Fernglas mit Panorama-Montierung und Stativ - **nur € 975,00**

Und wenn's denn eine eigene Sternwarte sein soll, haben wir auch die passenden Beobachtungs-Kuppeln dazu. Von 2,3m über 3,2m bis 4m als preisgünstige Standardmaße und darüberhinaus als Sonderanfertigung bieten wir unsere Kuppeln nun bereits seit vielen Jahren in Europa an. GFK (glasfaserverstärkter Kunststoff) als aus dem Bootsbau bekanntes und bewährtes Material bietet sich für Kuppeln ideal an. Unsere GFK Astro-Kuppeln

Sehr gute Qualität!

sind mehrteilige, verwindungssteife und formschöne Kuppelkonstruktionen aus Glasfaser-Polyesterkunststoff mit einem Kopfüber-Schiebetor und einer Ausstell-Horizontklappe (Größen ab 5m können alternativ mit seitlich verschiebbaren Toren hergestellt werden – wie zB. „Mount Palomar").

Profitieren Sie von der über 20-jährigen Erfahrung unserer Mitarbeiter, sprechen Sie mit unseren Fachkräften und vereinbaren Sie einen unverbindlichen Beratungstermin in unserem Ausstellungsraum. Wir freuen uns darauf, Sie bei uns begrüßen zu dürfen!

Viele weitere interessante Produkte sowie eine aktuelle Schnäppchenliste mit günstigen Angeboten finden Sie im Internet unter **www.astrocom.de**!

ASTROCOM GmbH/Abt. 3 • Fraunhoferstraße 14
D-82152 MÜNCHEN-Martinsried
☎ ☺ (089) 8583 660 • Fax (089) 8583 6677
eMail: service@astrocom.de • www.astrocom.de

Die kosmologische Konstante

Hat Albert Einstein die mysteriöse Dunkle Energie entdeckt?

>> Jürgen Brück

Die Dunkle Materie und die Dunkle Energie sorgen unter Kosmologen immer wieder für Diskussionen. Während ohne sie für viele Wissenschaftler das Universum überhaupt nicht denkbar ist, halten andere Forscher sie für einen bloßen Rechentrick. Neue Messungen könnten nun Licht ins Dunkel bringen. Mehr noch, womöglich entpuppt sich Albert Einsteins kosmologische Konstante, die er einst in seinen Rechnungen einführte und später als seine »größte Eselei« bezeichnete, als einer seiner größten Geniestreiche.

Als Einstein 1915 in der Preußischen Akademie der Wissenschaften (Berlin) seine Allgemeine Relativitätstheorie vorstellte, warf er das bis dahin gängige Bild von Raum und Zeit – und insbesondere das der Schwerkraft – gründlich über den Haufen. Er beschrieb die Gravitation nämlich nicht mehr als Kraft, die sich direkt auf bestimmte Objekte auswirkt, sondern als Folge einer bestimmten Geometrie der vierdimensionalen Raumzeit. Seiner Theorie nach sorgen Masse und Energie dafür, dass sich die Raumzeit verzerrt.

Zur Veranschaulichung dieses Effekts wird gern das Bild eines Gummituchs verwendet. Liegt nichts auf dem Tuch, dann ist es auch nicht eingedellt und man hat es mit einer flachen Ebene zu tun. Liegt aber ein schwerer Gegenstand darauf, biegt sich das Tuch durch – wie sehr, hängt von der Masse des Gegenstands ab. Ähnliches spielt sich mit der Raumzeit ab, wenn sich in ihr ein massereiches Objekt befindet: Auch sie wird eingedellt beziehungsweise verzerrt.

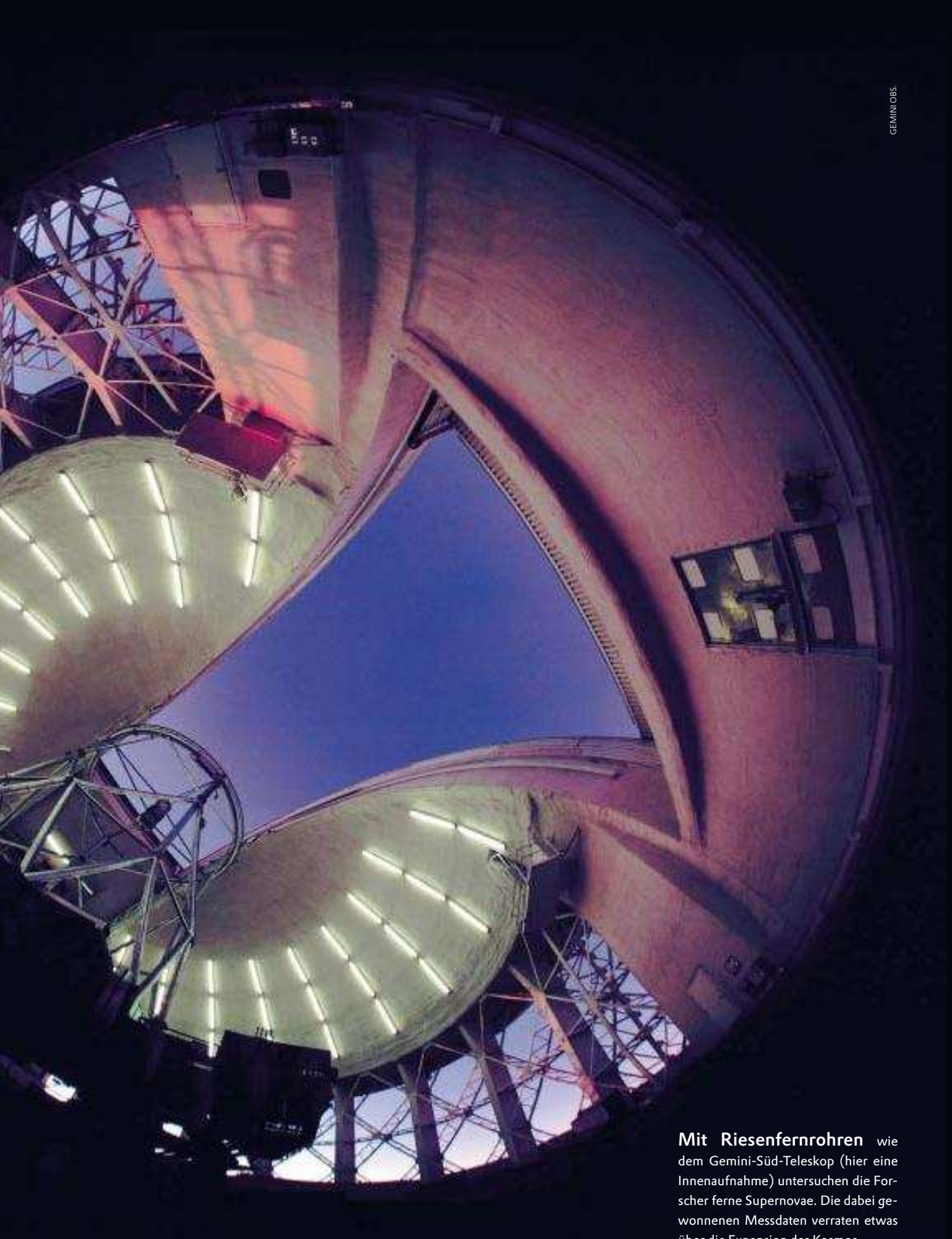
1917 unternahm Einstein den Versuch, die Gleichungen seiner Allgemeinen Relativitätstheorie auf das ganze Universum anzuwenden. Dabei ging er vereinfachend davon aus, dass die gesamte Materie gleichmäßig im Universum verteilt sei. Somit würde sie eine Krümmung der Raumzeit im großen Stil bewirken und das Universum dadurch so »verbiegen«, dass es eine in sich geschlossene Geometrie annähme. Ein solches Universum gliche dann einer Kugeloberfläche.

Bei seinen Berechnungen sah sich Einstein aber immer wieder mit demselben Problem konfrontiert. Egal, wie verbissen er arbeitete, es resultierte stets ein Universum, das sich entweder zusammenzog oder ausdehnte. Eine statische, also zeitlich unveränderliche Lösung, erhielt Einstein nie. Da aber 1917 niemand an einem statischen Kosmos zweifelte, vermutete er den Fehler in seinen Gleichungen.

Bedeutungsschwerer Kunstgriff

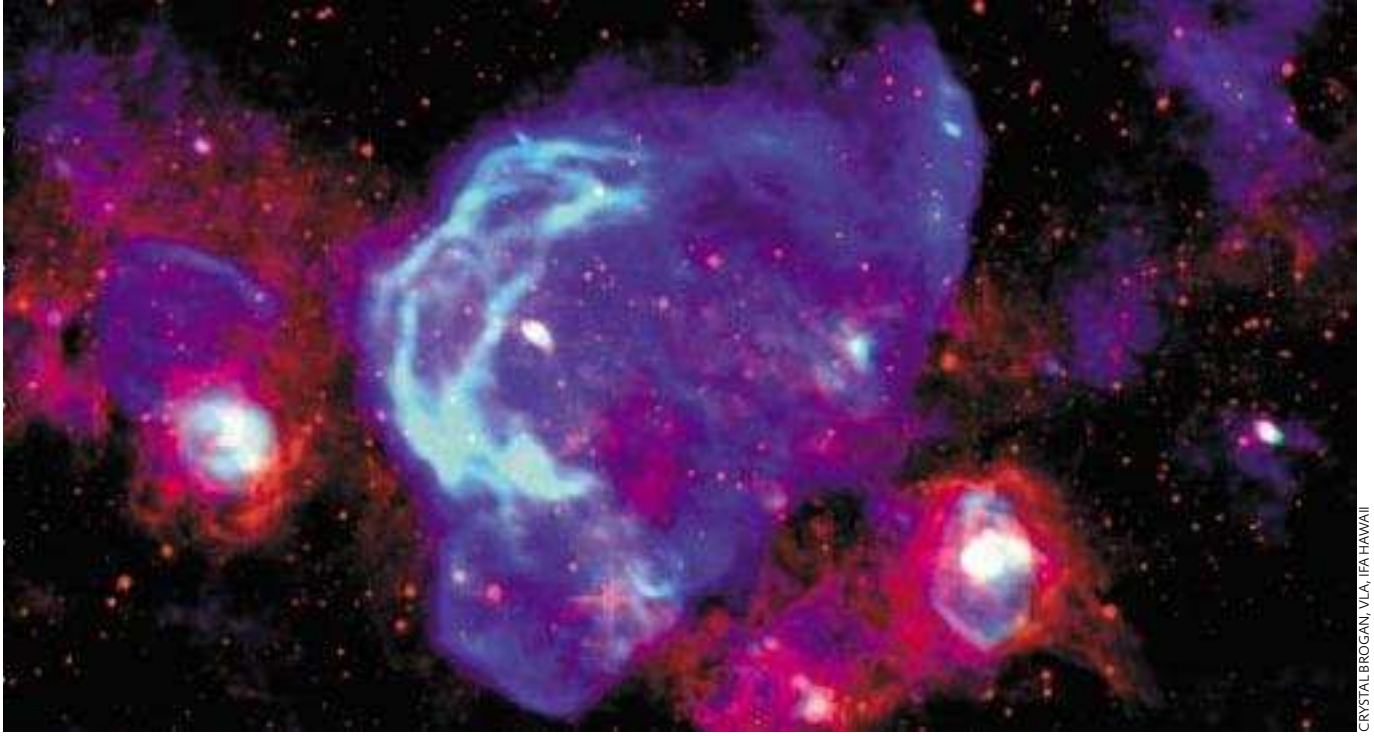
Weil er sich nicht anders zu helfen wusste, führte er schließlich einen Zusatzterm Lambda mit dem Symbol Λ in seinen Rechnungen ein, den er »kosmologische Konstante« nannte und der seine Gleichungen so weit veränderte, dass sich als Ergebnis ein statisches Universum ergab. Was dann folgte, dürfte vielen Lesern bekannt sein: 1929 wies Edwin Hubble nach, dass sich das Universum ausdehnt; Einstein nannte daraufhin die Einführung der kosmologischen Konstante die größte Eselei seines Lebens.

Wie bereits im ersten Teil unserer Kosmologie-Serie gezeigt (AH 1-2/2006, S. 25), hängt die Geometrie des Universums von der Dichte der in ihm enthaltenen Materie und Energie ab. Dargestellt wird diese Dichte durch den Quotienten Omega. Ist Omega gleich eins, spricht man von einem flachen Universum. Messungen des Satelliten »Wilkinson Microwave Anisotropy Probe« >



GEMINI OBS.

Mit Riesenfernrohren wie dem Gemini-Süd-Teleskop (hier eine Innenaufnahme) untersuchen die Forscher ferne Supernovae. Die dabei gewonnenen Messdaten verraten etwas über die Expansion des Kosmos.



CRYSTAL BROGAN, VLA, IFA HAWAII

Kosmische Meilensteine Dieses Falschfarbenbild basiert auf Radiodaten des Very Large Array in New Mexico. Es zeigt sieben Supernovareste (blau) im Innern der Milchstraße.

> (WMAP) und weitere Experimente haben eindeutig ergeben, dass unser Universum flach ist, Omega also den Wert eins besitzen muss. Daraus ergibt sich auch: Der Kosmos expandiert.

Bestimmt man aber die Gesamtmasse der sichtbaren Materie im Universum und berechnet daraus Omega, so erhält man einen Wert, der wesentlich kleiner ist als eins. Alle Sterne und Galaxien zusammengenommen sind gerade mal so schwer, dass sie einen Omega-Wert von 0,005 ergeben. Mit anderen Worten: Sie tragen ein halbes Prozent zu der erforderlichen eins bei. Woher kommen die restlichen 99,5 Prozent?

Mit hoch empfindlichen Spektrometern lässt sich der Anteil verschiedener Elemente, etwa Wasserstoff oder Helium-4, in interstellaren Gaswolken messen. Das wiederum erlaubt Rückschlüsse auf die gesamte Menge baryonischer Materie im All (mit baryonischer Materie sind hier vor allem Protonen und Neutronen gemeint, also die Bausteine der Atomkerne). Es ergibt sich, dass diese insgesamt fünf Prozent des Omega-Werts eins ausmacht. Da für uns lediglich 0,5 Prozent sichtbar sind, müssen 4,5 Prozent aus einer anderen Form von Materie, der so genannten baryonischen Dunklen Materie bestehen. Kandidaten dafür sind zum Beispiel Sterne, die man nicht oder nicht mehr sehen kann. Sie gehören aber auf jeden Fall noch zu der uns bekannten Materie.

Allerdings: Berechnet man die gesamte Materiemenge im Universum, dann ergibt sich, dass sie 35 Prozent zu dem Omega-Wert eins beisteuert. Zieht man davon die fünf Prozent ab, die auf das Konto der baryonischen Materie gehen, bleiben dreißig Prozent rätselhafter Herkunft übrig. Sie repräsentieren eine »exotische« Dunkle Materie, deren Zusammensetzung die Forscher bislang noch nicht entschlüsselt haben.

Nicht nur Berechnungen wie die eben beschriebene weisen auf die Existenz der Dunklen Materie hin. Während in unserem Sonnensystem die Planetenbewegungen wunderbar dem Newton'schen Gravitationsgesetz folgen (das heißt, die Planeten umkreisen die Sonne genau mit der Geschwindigkeit, die nötig ist, um sie auf ihrer Bahn zu halten), verhält es sich bei großen Galaxien vollkommen anders. Dort umrunden die äußeren Objekte das Zentrum mit einer derart hohen Geschwindigkeit, dass sie eigentlich nach außen katapultiert werden müssten.

Eine rätselhafte Kraft

Die Tatsache, dass sie dennoch auf ihrer Umlaufbahn bleiben, lässt nur zwei Schlüsse zu: Entweder die Gravitationsgesetze sind falsch oder es existiert neben der »normalen« baryonischen Materie in den Galaxien noch »unnormale«, für uns nicht sichtbare – also dunkle.

Baryonische und Dunkle Materie zusammen bringen es, wie oben erwähnt, auf einen Omega-Wert von 0,35. Die zu eins fehlenden 0,65 kommen von einer mysteriösen Dunklen Energie, da sind sich viele Kosmologen inzwischen sicher. Sie wirkt wie eine Kraft, die der Gravitation entgegenwirkt, ist also etwas ähnliches wie eine Antigravitation. Vermutlich zeichnet sie für die Expansion des Universums verantwortlich. Diese Entdeckung gelang erst in den späten 1990er Jahren bei der Beobachtung entfernter Supernovae und läutete eine kleine Revolution in der Kosmologie ein.

Viele Theorien gehen seither davon aus, dass die Expansionsgeschwindigkeit des Weltalls stetig zunimmt. Die zu Grunde liegenden Mechanismen sind bislang nicht bekannt. Die Dunkle Energie wirkt der Gravitation zwar entgegen, hat aber ähnliche Auswirkungen auf die Raumzeit wie diese. Das heißt, auch sie ist im Stande, die Raumzeit zu verzerren. Deshalb trägt sie ebenfalls zum Gesamtwert von Omega bei.

Wie kann man die Dunkle Energie erforschen? Um diese Frage zu beantworten, müssen wir zunächst einen kleinen Ausflug in die kosmische Entfernungsbestimmung unternehmen. Um Distanzen im Kosmos zu messen, sind für Kosmologen bestimmte Typen von Sternexplosionen, so genannte Supernovae vom Typ 1a, sehr wichtig. Ein Blick auf ihre Entstehungsgeschichte zeigt, warum das so ist: Am Beginn ihrer Entwicklung steht ein Doppelsternsystem aus einem Weißen Zwerg und einem Roten Riesen. Der Weiße Zwerg entzieht der

Hülle seines Begleiters ständig Gas. Dadurch wird er immer massereicher, bis er eine kritische Masse, die »Chandrasekhar-Grenze« (1,44 Sonnenmassen) erreicht hat. Sobald er sie überschreitet, explodiert der Zwerg in einer Supernova. Folglich verfügen alle Weißen Zwerge aus derartigen Systemen bei ihrer Explosion über die gleiche Masse, setzen die gleiche Energiemenge frei und leuchten mit der gleichen Helligkeit. Kosmologen können sie also wunderbar als Entfernungsmarker nutzen. Dabei gilt: Je heller eine Supernova bei uns zu sehen ist, desto geringer ihre Entfernung zur Erde.

Tachometer im All

Damit nicht genug: Anhand der Rotverschiebung einer Supernova lässt sich auch ihre Geschwindigkeit ermitteln. Wenn man nun Supernovae in verschiedenen Abständen zu unserer Heimatgalaxie beobachtet und bestimmt, mit welchem Tempo sie sich auf uns zu- oder von uns fortbewegen, erhält man ein Messinstrument für die Expansion des Kosmos. Da die Forscher annehmen, dass die Dunkle Energie die Ausdehnung des Universums antreibt, hoffen sie, mittels der Beobachtung von Supernovae mehr über das Wesen dieser Energieform zu erfahren.

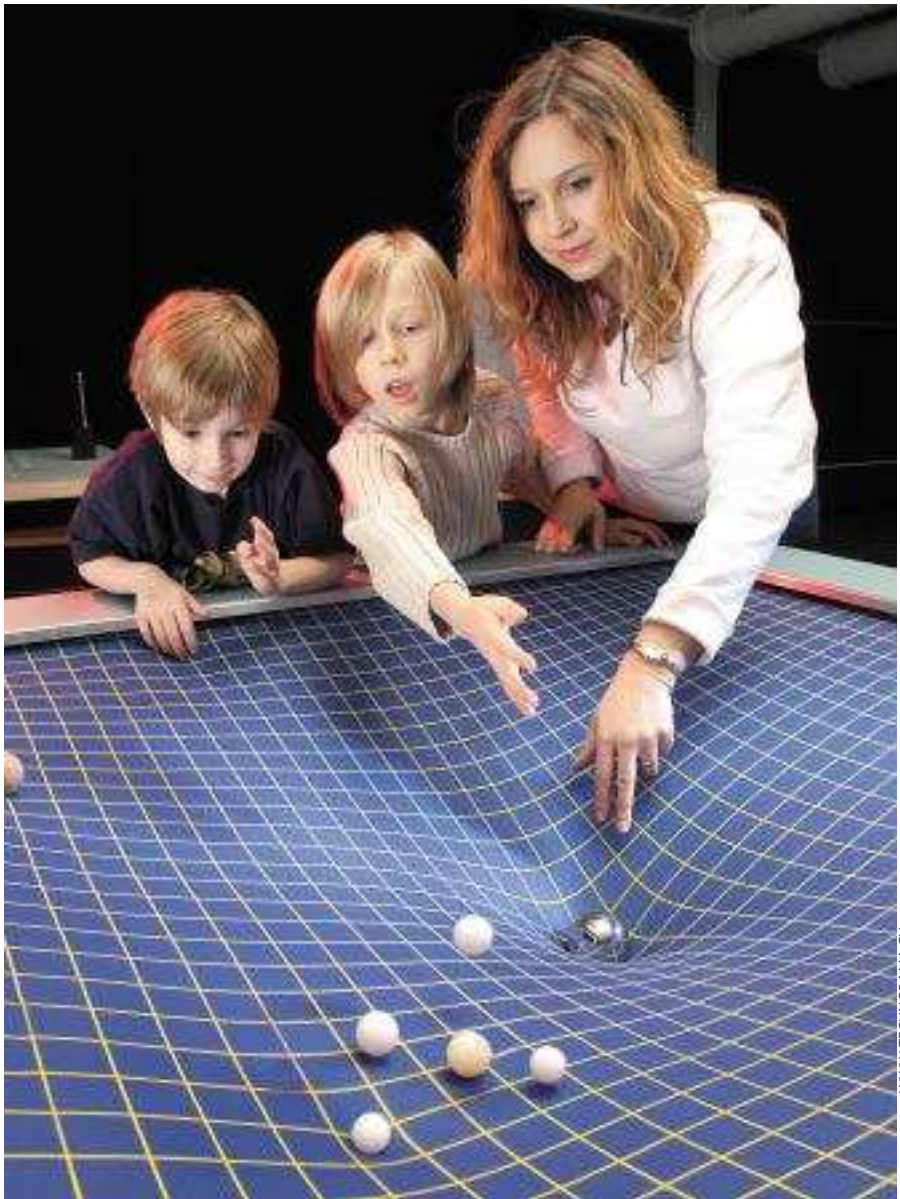
Genau hier setzt der Supernova Legacy Survey (SNLS) an, ein Gemeinschaftsprojekt von amerikanischen und europäischen Kosmologen. »Der SuperNova Legacy Survey ist wohl die weltweit wichtigste Untersuchung in unserem Bestreben, die Dunkle Energie besser zu verstehen«, erläutert Chris Pitcher, Professor für Physik und Astronomie an der University of Victoria (Kanada). 2003 begonnen und auf fünf Jahre angelegt, ist es das Ziel der Untersuchung, Messdaten von 700 Typ-Ia-Supernovae mit Rotverschiebungen zwischen 0,2 und 0,9 zu sammeln. Davon erhoffen sich die Wissenschaftler exaktere Aussagen über die Ausdehnung des Universums.

Die Kampagne läuft grob umrissen in zwei Schritten ab. Zunächst einmal müssen geeignete Himmelsobjekte entdeckt werden. Die Wissenschaftler haben das Firmament dazu in Felder aufgeteilt. Von jedem Feld nehmen sie mehr als ein Jahr lang alle vier Tage ein Bild auf. Dazu benutzen sie eine neue 340-Millionen-Pixel-Kamera am Canada-France-Hawaii-Teleskop. »Wegen ihres großen Bildfelds erlaubt sie uns die gleichzeitige und präzise Vermessung verschiedener Supernovae, was bislang nur schwer möglich war«, erläutert Pierre Astier vom französischen Centre national de la recherche scientifique (CNRS), das an den Messungen beteiligt ist.

Auf diese Weise können die Forscher geeignete Supernovae ausfindig machen, die sie dann in einem zweiten Schritt mit anderen Instrumenten untersuchen. Dabei sind das Gemini-Nord-Teleskop auf Hawaii und das Gemini-Süd-Teleskop in den Anden für die lichtschwächsten Objekte sowie diejenigen mit der größten Rotverschiebung (größer als 0,6) zuständig. Supernovae mit geringerer Rotverschiebung werden mit dem Keck-Observatorium, dem Subaru auf Hawaii sowie mit den VLT-Teleskopen in Chile beobachtet.

Bislang konnten die Forscher 71 Supernovae untersuchen, die vor zwei bis acht Milliarden Jahren explodierten – das sind etwa zehn Prozent der angestrebten Gesamtmenge. Die ersten wissenschaftlichen Publikationen sind schon erschienen. »Die Bedeutung unserer Ergebnisse ist enorm«, fasst Ray Carlberg, Professor an der Abteilung für Astronomie und Astrophysik der University of Toronto die bisherigen Messungen zusammen. »Unsere Beobachtungen widersprechen theoretischen Überlegungen, wonach die Dunkle Energie sich mit der Ausdehnung des Universums verändert. Soweit wir das beurteilen können, ist dies nicht der Fall.«

Martin Bojowald, Assistenzprofessor an der Pennsylvania State University, >



WWW.TECHNORAMA.CH

Massen krümmen die Raumzeit, wie Einstein in seiner Allgemeinen Relativitätstheorie darlegte. In ähnlicher Weise verformen schwere Objekte durch ihr Gewicht ein aufgespanntes Gummituch.

KECK OBS.

Das Keck-Observatorium auf Hawaii spielt bei der weltweiten Untersuchung von Supernovae eine wichtige Rolle.

> stimmt ihm zu: »Große Überraschungen gab es zwar noch nicht, die Präzision der bisherigen Daten ist aber sehr gut und schließt einige stark spekulative Modelle aus.« Von den künftig geplanten Beobachtungen erhofft sich der deutsche Kosmologe noch so manches.

Zurück zu Einsteins kosmologischer Konstante Lambda. Schauen wir uns diese einmal etwas näher an: Bei ihr handelt es sich zunächst nur um einen Term, der Einsteins Gleichungen erweitert. Allerdings ist es ein ganz entscheidender Term, schließlich ist er für die Dynamik des Universums verantwortlich. Wäre Lambda negativ, würde dies bedeuten, dass sich das Universum zusammenzieht. Bei einem positiven Lambda wiederum kann man von einer Kraft ausgehen, die der Gravitation entgegenwirkt und für die beschleunigte Expansion des Universums sorgt. Die Messungen des SNLS machen nun deutlich, dass sich die Dunkle Energie in den Gleichungen offenbar nicht nur ähnlich auswirkt wie Einsteins kosmologische Konstante, sondern sogar den gleichen Betrag zu haben scheint. Letzte Sicherheit dazu gibt es noch nicht, da man den Wert erst mit einer Genauigkeit von zehn Prozent bestimmen konnte (im Lauf der weiteren Beobachtungen wird sich dies allerdings noch verbessern). Sollten sich aber die jetzigen Vermutungen bestätigen, dann könnte sich Einsteins »Eselei« nachträglich als einer seiner größten Würfe herausstellen.

Doch nicht alle Wissenschaftler freunden sich mit der Idee einer Dunklen Materie oder Dunklen Energie an. Die Skeptiker suchen schon seit Langem nach alternativen Modellen. Bereits in der 1980er Jahren schlug Mordehai Milgrom vom Weizmann Institut in Israel die »Modifizierte Newton'sche Dynamik« (MOND) vor. Sie geht von zwei Arten der Schwerkraft aus, wobei die Beschleunigung der beteiligten Objekte darüber entscheidet, welche jeweils auf den Plan tritt.

Laut Milgrom gilt für »normale« Beschleunigungen das Newton'sche Bewegungsgesetz, wie wir es in der Schule gelernt haben (Kraft ist gleich Masse mal Beschleunigung), außerdem nimmt die Kraft mit dem Quadrat der Entfernung zwischen den Objekten ab. Doch wenn die Beschleunigung sehr klein ist, tritt ein modifiziertes Gesetz in Kraft, wonach die Gravitationswirkung langsamer, und zwar linear abfällt. Allerdings weist diese Theorie deutliche Schwächen auf, sie kann zum Beispiel die beobachtete Masse von Galaxienhaufen nicht erklären. Um diesen Widerspruch auszuräumen, müsste Milgrom wiederum die Dunkle Materie ins Spiel bringen.

Gibt es andere Lösungen?

Einen weiteren Versuch unternehmen nun John Moffat und Joel Brownstein vom Institut für Theoretische Physik an der University of Waterloo, Ontario. In ihrer Theorie, die sie Scalar-Tensor-Vector-Gravity (STVG) nennen, versuchen die beiden Wissenschaftler, Einsteins Allgemeine Relativitätstheorie mit speziellen Quanteneffekten zu kombinieren. Das Ganze fußt auf der Annahme, dass die Kräfte zwischen verschiedenen Objekten von Quantenfluktuationen beeinflusst werden.

Der STVG zufolge ensteht im Vakuum nahe massereicher Objekte eine große Zahl von Gravitonen – Teilchen, die für die Gravitationswirkung zuständig sind. Folglich herrscht dort eine starke Schwerkraft. Je weiter man sich von den Objekten entfernt, desto weniger Gravitonen werden gebildet. Das führt dazu, dass die Schwerkraft bei großen Entfernungen wieder den Newton'schen Vorgaben folgt.

Moffat und Brownstein haben ihre Theorie bislang einigen Tests unterzogen. So beobachteten sie gut hundert Galaxien. Deren Rotation stimmte mit den Voraussagen der STVG exakt überein. Aber auch die MOND hätte hier die korrekten Ergebnisse geliefert. Erst bei der Beobachtung von Galaxienhaufen, wo MOND keine brauchbaren Resultate erzielt hatte, zeigt sich der Unterschied. Hier ließ sich mit der STVG die korrekte Masse berechnen – ohne dabei auf die Dunkle Materie zurückgreifen zu müssen. Zudem liefert ihre Theorie, so Moffat und Brownstein, eine mögliche Erklärung für die rätselhaften Beschleunigungsmechanismen, die die Raumsonden Pioneer 10 und 11 vor vielen Jahren etwa 400 000 Kilometer von ihren erwarteten Aufenthaltsorten entfernt jenseits des Saturns erscheinen ließen.

Über die Dunkle Energie treffen Moffat und Brownstein keine Aussagen, auch wenn sich John Moffat genau mit diesem Problem beschäftigt: »Es ist schon möglich, dass sich aus meiner Theorie auch eine Erklärung für die Dunkle Energie ableiten lässt,« erläutert er auf eine entsprechende Nachfrage. »Momentan untersuche ich diese Möglichkeit.«

Die Kollegen zeigen sich allerdings eher skeptisch. »Die Theorie der Dunklen Materie ist nicht perfekt«, gibt Sean Caroll von der University of Chicago zu, »aber sie macht sehr präzise Aussagen zum kosmischen Mikrowellenhintergrund, die sich nun zu bewahrheiten scheinen. Sie umfasst Galaxien genauso wie Galaxienhaufen, großräumige Strukturen und Gravitationslinsen. Niemand würde sich mehr freuen als ich, wenn sich die STVG als richtig erweisen würde, aber es fällt mir immer schwerer, daran zu glauben.« Und so sieht es im Moment danach aus, als würde Einsteins kosmologische Konstante doch noch zu ihrem Recht kommen. Derzeit sind die Dunkle Materie und die Dunkle Energie ein großes Mysterium, aber wer weiß: Schon bald könnten die Forscher etwas Licht in die Angelegenheit bringen. <<

Jürgen Brück ist freier Journalist in Bonn und auf Physik, Kosmologie und Nanotechnologie spezialisiert.

Leben wie auf dem Mars

Tagebuch einer Weltraumsimulation

Ein ungewöhnliches Planspiel mitten in der Wüste Utahs. Zwei Wochen lang probten sechs »Astronauten« eine Stippvisite auf dem Roten Planeten. **>> Guido Meyer**

Zwei Jahre ist es her, dass US-Präsident George W. Bush die amerikanische Raumfahrtbehörde Nasa mit der Rückkehr zum Mond und einer bemannten Landung auf dem Mars beauftragte. Seitdem laufen die Vorbereitungen. Verschiedene Weltraumkonzerne in den USA entwickeln Raketen und Raumschiffe für Flüge zum Mond und zum Roten Planeten. Im Bundesstaat Utah – etwa vier Autostunden von Salt Lake City entfernt – betreibt die Mars Society einen Wohncontainer, Teil eines so genannten Habitats, in dem künftige Astronauten bemannte Missionen zu anderen Welten simulieren: die Mars Desert Research Station.

Ihr Hauptbestandteil ist ein großer Zylinder, einem Modul der Internationalen Raumstation nicht unähnlich. Er steht aufrecht und besteht aus zwei Etagen. Unten arbeiten die Wissenschaftler, oben wohnen sie. Hier soll das Forschen und Leben auf engem Raum über längere Zeit erprobt werden.

Im Februar hatte eine neue, sechsköpfige Mannschaft die Labore in der Wüste bezogen, um für 14 Tage in einer Umgebung zu leben, wie sie auf dem Roten Planeten aussehen würde.

Die Simulation beginnt ...

Sol 1: Mit dem Lastwagen zum Mars. Big Blue, ein blauer, 23 Jahre alter Lkw der US-Luftwaffe, bringt die Besatzung der Mars Society auf den »Roten Planeten«. Denn genauso sieht es hier aus: Wir sind mitten in der Wüste von Utah, aber die Landschaft erinnert an die Bilder, welche die beiden Marsrover Spirit und Opportunity seit zwei Jahren zur Erde schicken. Hinter einem der roten Hügel erblicken wir schließlich das Habitat – unser neues Zuhause für zwei Wochen.

In das Innere des Containers gelangen wir durch eine Schleuse, eine Spende der US-Marine, angeblich atombombensicher. Sie schützt hier die Station vor Skorpionen und Pumas, auf dem Mars soll sie den bewohnbaren Teil von der lebensfeindlichen Außenwelt abschirmen. Einmal links anfassen und einmal rechts, zuerst drücken, dann ziehen – und das Tor zur Marsoase öffnet sich. Innen erwartet uns die alte Crew, bereit zur Abfahrt. »Wir packen unsere Sachen und fliegen zurück zur Erde«, scherzt André Jason Dunford, sichtlich traurig über das Ende seiner Expedition. Er habe nicht erwartet, dass die acht Astronauten in den letzten zwei Wochen so gute Freunde werden würden. »Aber auf diesem begrenzten Raum muss das Zusammenleben einfach funktionieren«, bilanziert der Kanadier die intensive Trainingszeit.

Sol 1, der erste Tag, die Übergabe. Wir überprüfen unsere neue Umgebung auf Sauberkeit, schießen Fotos, vergleichen die Instrumente. Derzeit scheint alles zu funktionieren: Wasserkreislauf, Stromgenerator, Internetzugang. Commander Kokh übernimmt, Commander Battler geht von Bord. Die kanadische Crew 44 kehrt mit dem »Raumschiff« Big Blue zurück zur Erde. Wir bleiben hier – derzeit sechs Bewohner, auf dem Weg in die Arbeitsetage. Die Simulation beginnt.

Sol 2: Der Ausstieg. Es ist 10.12 Uhr Marszeit und wir warten im EVA-Preparation-Room, einem Raum, in dem wir uns sich auf »Außenbordeinsätze« >

»Big Brother« in Utah Ein Wohncontainer ist für zwei Wochen die neue Heimat der Marsmannschaft. Da muss das Zusammenleben funktionieren.

HABITAT: GUIDO MEYER; ASTRONAUT: WILLIAM FUNG-SCHWARZ

MITTE: WILLIAMM FUNG-SCHWARZ; LINKS UND RECHTS: GUIDO MEYER

Abgeschnitten vom Rest der Welt Das gesamte Leben der Besatzung spielt sich in und um den Wohncontainer, das Gewächshaus und die Sternwarte ab (oben links). Unser Spül- und Duschwasser kommt aus den Tanks (Mitte). Biologin Leslie bereitet im Gewächshaus das Abwasser wieder auf (rechts) .

> vorbereiten. Sicherheitsoffizier William Fung-Schwarz hat die Betreuung des anstehenden Spaziergangs übernommen. Erste Aufgabe: das Anlegen der Raumanzüge. Das Prozedere ist strikt festgelegt. Zuerst der Anzug, die Schuhe, der Rucksack mit dem Sauerstoff und am Ende der Helm. Etwa drei Grad Celsius seien es draußen, lässt uns ein Kollege über Funk wissen. Über meinem weißen Overall ziehe ich schwarze Manschetten, die vom Knöchel bis zum Knie reichen. Sie sollen dafür sorgen, dass sich möglichst wenig Staub auf unserer Kleidung absetzt. Dann wickelt mir William Klebeband um die Taille, denn die Raumanzüge gibt es nur in Einheitsgröße. Gürtel sind nicht vorgesehen. Nun ist der Rucksack an der Reihe. Auf Mars oder Mond käme aus diesem Sauerstofftank die Atemluft für die Astronauten. In unserer Simulation wird jedoch von außen Luft in den Helm geblasen, was selbstverständlich auf einem fremden Planeten unmöglich wäre.

Last, but not least klebt mir William oben rechts ein kleinen, orangefarbigen Punkt innen in den Helm, den er mir als UV-Detektor erklärt. »Verfärbt er sich, ist dies ein Zeichen, dass man zu viel Sonnenstrahlung abbekommen hat, und dass es Zeit ist, wieder hineinzugehen«, warnt mich der Sicherheitsoffizier unserer Mission.

Wir schließen die Schleuse: hinter uns das Habitat, vor uns der »Mars«. Er wird noch mindestens fünf Minuten warten müssen, denn so lange würde es dauern, um einen Druckausgleich zwischen der dünnen Marsatmosphäre und der erdähnlichen Atmosphäre innerhalb der Station vorzunehmen.

Fremde Welten erforschen

Kurze Zeit später wagen wir draußen unsere ersten Schritte. Die Sonne knallt auf den roten Wüstensand. Mittlerweile hätten wir 15 Grad Celsius, lässt uns die Kontrollstation über Funk wissen. Im Raumanzug spüren wir allerdings nicht, ob es kalt oder warm ist.

Nach 15 Minuten im Freien ist die Luft zwar nicht dünner geworden, aber anstrengend ist es doch. Das Gehen fällt leicht, doch Helm und Raumanzug wiegen schwer auf den Schultern. Die Landschaft zeigt sich genauso wie auf bekannten Fotos vom Mars: roter Belag, teilweise auch die berühmten grauen Steine.

Das Einzige, was hier die Illusion einer Marslandschaft stört, sind die Fußspuren von Koyoten und Antilopen. Der Boden besteht aus Basalt, Sulfat und Sandstein. Teilweise sieht es so aus, als hätte ein Vulkanausbruch die schwarzen, verkohlten Steine hierher in die Wüste geschleudert.

»Let's go home«, ertönt es etwas später hinter mir. Erschöpft und nass geschwitzt folge ich meinem Sicherheitsoffizier zurück ins Habitat. Just vor dem Betreten der Schleuse sehen wir, wie die Flagge der Mars Society auf einem der Hügel im Wind flattert. Rot-grün-blau ist sie. Rot für den Mars, wie er heute aussieht, grün wie er durch Terraforming einmal werden soll, und blau für das einstige und jetzige gefrorene Wasser auf dem Roten Planeten. Doch all das ist noch Zukunftsmusik ...

Sol 3: Dornen und Rosen. Ein windiger Tag klingt zwar in unserem Container so wie überall sonst auf der Erde, sieht aber anders aus. Denn die Wüste bewegt sich nicht. Keine sich biegenden Bäume, kein peitschender Regen – nur die wehende Fahne beweist, dass wir unseren Ohren trauen können. Heute geht niemand vor die Tür. Gruppensitzung ist angesagt: »Thorns and Roses« – ein allabendlicher Gesprächszirkel der Astronautencrew, in dessen Verlauf jedes Mannschaftsmitglied Plus- und Minuspunkte für den vergangenen Tag vergeben soll.

Diesmal überwiegen die Minuspunkte. Mit einem Besatzungsmitglied ist der Rest der Mannschaft so unzufrieden, dass Commander Kokh ihn bittet, den Container zu verlassen, das heißt die

Simulation abzubrechen. Fünf bleiben übrig: Bordingenieur Steven Winikoff, Executive Officer und Ernährungsexpertin Laurel Ladd, William Fung-Schwarz, der Gesundheits- und Sicherheitsbeauftragte, der Commander und ich als externer Beobachter. Diese fünf sind fast rund um die Uhr damit beschäftigt, den Betrieb des Habitats aufrechtzuerhalten. Von den Mahlzeiten und der Nachtruhe abgesehen, gab es an Bord der Station seit Beginn unserer Mission keine Freizeit- oder Ruhephasen.

Ein himmlischer Fund

Und die Reihe der ehrgeizigen Vorhaben nimmt kein Ende. Sobald der Wind sich legt, will Commander Kokh wieder hinaus in die Wüste, denn die Mars Desert Research Station ist eine ewige Baustelle. Ständig wird sie erweitert und verändert. Das neueste Projekt ist ein Tunnel, der das Habitat mit dem benachbarten Gewächshaus verbinden soll, damit die Astronauten ohne das Anlegen von Raumanzügen von einem Modul zum anderen gelangen. Zurzeit besteht der künftige Tunnel nur aus Röhren. Wir werden sie in den kommenden Tagen durch ein Fundament im Wüstenboden verankern. Eine Plastikplane symbolisiert die Isolierung des Tunnelinnern von der lebensfeindlichen Außenatmosphäre. Hier jedoch stößt unsere Simulation an ihre Grenzen. Um dem Wüstenwind standzuhalten, ist die Plane durchlöchert. Auf dem Mars würden wir so keinen Tag überleben.

Sol 4: Alles Gute kommt von oben. Dies ist zwar nicht wirklich der Rote Planet, doch wir fühlen uns wie am Ende der Welt. Die Wüste Utahs ist – akustisch betrachtet – tot. Selbst mitten am Tag sind wir bei Außeneinsätzen umgeben vom Nichts. Wir hören keinen Laut, es herrscht vollkommene Stille in allen Richtungen. Keine Vögel, kein Straßenlärm, nicht einmal das Echo der eigenen Schritte und Worte.

Als einzige Ausnahme fliegen ein paar Flugzeuge der US-Streitkräfte vorbei und beweisen uns, dass dieser Planet nicht völlig ausgestorben ist. Die amerikanische Luftwaffe besitzt in Utah unzählige Militärstützpunkte. Zu Spitzenzeiten durchkreuzen fünf Jets aus verschiedenen Richtungen denselben Himmelsabschnitt und hinterlassen ihre Kondensstreifen. Würden aus der Ferne nicht ihre Motoren brummen, könnten wir sie für Sternschnuppen halten.

Die Wüste hält weitere Überraschungen bereit. Bei unserem »Marsspaziergang« am zweiten Tag waren wir nur wenige hundert Meter von der Station entfernt hinter einem Hügel auf ein Feld voller Schutt gestoßen. Die rote Erde ist dort übersät von faustgroßen, anthrazitfarbenen Gesteinsbrocken. Fotos einer solchen Szenerie schicken die beiden Marsrover Spirit und Opportunity seit zwei Jahren zur Erde. Da unsere Steine verbrannt wirkten, lag die Vermutung nahe, dass sie durch einen Vulkanausbruch in die Umgebung geschleudert wurden. Der Mars verfügt mit dem Olympus Mons über den vermutlich größten Vulkan unseres Sonnensystems, die Wüste von Utah jedoch ist geologisch nicht aktiv. Wie also kommen die verkohlten Felsen auf den roten Wüstensand? Zum Glück hatte einer der Steine in die Außentasche des Astronautenanzugs gepasst.

Unser Habitat verfügt über ein eigenes geologisches Labor. Dort beglückwünscht uns heute der Kartograf der Mars Society Hugh S. Gregory, der von Zeit zu Zeit das Labor betreut, zu unserem ungewöhnlichen Fund. Weder Basalt noch Vulkangestein hätten wir gefunden, sondern einen Meteoriten! Allerdings ließe sich nicht ohne Weiteres feststellen, ob es sich um den kompletten Einschlagkörper handele oder nur um ein Stück eines ursprünglich größeren Brockens, der beim Eintritt in die Erdatmosphäre auseinander gebrochen sei.

Unterwegs mit dem Marsmobil

Auf jeden Fall aber stamme die dunkle Färbung des Steins von den hohen Temperaturen und den damit verbundenen Verbrennungen beim Flug durch die höheren Luftschichten. Die Löcher deuteten darauf hin, dass leichteres Material aus ihm herausgeschmolzen wurde.

Vielleicht tritt eine andere Crew der Mars Desert Research Station eines Tages noch einmal den Weg ins Trümmerfeld an und versucht, das Puzzle der verkohlten Steine zu einem großen Meteoriten zusammenzusetzen. Dann können >

WILLIAM FUNG-SCHWARZ

Vom Skyline Rim blicken wir in eine bizarre Landschaft. Auch die Schluchten auf dem Mars sind durch die Kräfte von Eis, Wind und Wasser entstanden.

> sie die Frage nach seiner Herkunft klären und unser Rätsel lösen.

Sol 5: Hoch auf dem grünen Wagen. Selbst die Faszination eines Außenspaziergangs lässt sich steigern – durch eine lustige Fahrt im Rover. Die drei grünen Kawasaki-Quads bringen uns fast zwei Kilometer nach Norden. Sagan-Street nennt sich diese Gegend, nach dem verstorbenen amerikanischen Kosmologen Carl Sagan.

Wir halten am Abschnitt »Skyline Rim« und lassen die bizarre Landschaft auf uns wirken. Dieser Canyon sei wahrscheinlich ähnlich entstanden wie die Schluchten auf dem Mars, erklärt uns William. Erosion, Eis, Wind und die Kraft des Wassers hätten die teilweise skurrilen Felsformationen im Lauf der Jahrmillionen geschaffen. »Hier im Süden Utahs gibt es viele verschiedene Landschaftszüge. Zwanzig Kilometer weiter südlich sieht die Wüste wieder ganz anders aus.« Am Skyline Rim bestimmen dunkler Basalt und beiger Sandstein die Optik. Je nachdem, in welcher Wüstengegend wir uns aufhielten, sei der Eindruck anders, erzählt der 31-Jährige. Die schwarz-braun-graue Basalt- und Sandsteinschlucht ähnelt hier eher der Monddenn der Marsoberfläche.

Der Sauerstoffvorrat geht allmählich zur Neige. Es ist Zeit, die Rückreise anzutreten. Wir fahren teilweise querfeldein, größtenteils aber in den Spuren, die andere Fahrzeuge vor uns hinterlassen haben. Denn das Landwirtschaftsministerium von Utah sieht es nicht gerne, wenn Astronauten neue Pfade einschlagen ...

Sol 6: Der außerirdische Schrebergarten. Das blubbernde Geräusch wäre noch zu ertragen, aber der Gestank ist grässlich. In unserem Gewächshaus riecht es nämlich wie in einer Kläranlage. Und genau diese Funktion erfüllt es für die Mars Desert Research Station.

Wasser für die Wüste

Die Biologin Leslie Wickman aus dem US-Bundesstaat Washington kam eigens für drei Tage angereist, um uns die Funktionsweise des Gewächshauses im Habitat zu zeigen. Auf unserem »Roten Planeten« ist sie diejenige mit dem grünen Daumen. Sie hält den Wasserkreislauf der Station in Schwung. »Ins Gewächshaus wird das gesamte Küchen- und Duschabwasser geleitet«, erklärt sie. Dort bereitet sie es mit Hilfe von aeroben und anaeroben Wasserpflanzen auf und unterzieht es einer Behandlung mit UV-Strahlen, sodass wir es für die Toilettenspülung wieder verwenden können. Ein autarker Kreislauf, wie er an Bord eines Mond- oder Marshabitats erforderlich wäre, ist dadurch allerdings nicht hergestellt. Wir benötigen einmal pro Woche frisches Trinkwasser, denn die Abwasseraufbereitung funktioniert noch nicht perfekt. »Die Mars Society überlegt derzeit, Destillierkollektoren anzuschaffen«, erläutert Leslie. Diese könnten das schmutzige Wasser aufnehmen. Wenn Sonnenlicht auf die obere Plastikschicht der Kollektoren falle, verdampfe es. Das übrig bleibende Kondensat werde eingefangen. »So würden wir reines Wasser erhalten, das die Besatzung wieder trinken kann.«

Wasser ist zwar kostbar, doch weder seine Gewinnung noch eine Wiederaufbereitung sind unmöglich. Auf dem Mond vermuten Wissenschaftler in Polnähe an den Innenwänden der Krater Wassereis. Der Mars verfügt unter seiner staubigen Oberfläche wahrscheinlich über eine Permafrostschicht. Künftige Missionen auf beiden Himmelskörpern könnten den irdischen Wasserkreislauf in geschlossenen Habitaten imitieren.

Bei uns verdampft das Wasser der Ozeane und wird zu Wolken, aus denen sauberes Regenwasser fällt. Aerobe und anaerobe Mikroben helfen dabei, Salze und Chemikalien abzubauen. »Genau diesen Prozess wollen wir an Bord einer Mond- oder Marsstation künstlich in Gang setzen und erhalten«, erläutert die Biologin ihr ehrgeiziges Ziel.

Auch für das leibliche Wohl der Crew ist das Gewächshaus zuständig. Hier wächst Obst und Gemüse wie im eigenen Garten. Und die einen oder anderen Talapi-Fische in den dortigen Aquarien sorgen dafür, dass ab und zu Eiweiß auf den Tisch kommt.

Sol 7: »Dies ist keine Übung!« An Bord einer Marsstation kann einiges passieren. Murphys Gesetz, nach dem alles schief geht, was nur schief gehen kann, gilt auf jedem Planeten. Noch drei Tage, bis wir unseren Container verlassen – natürlich geschieht vorher noch ein kleines Unglück.

Ein Donnerstag im März, 7.54 Uhr Marszeit. Zuerst piepst der Feuermelder in der oberen Etage des Habitats, keine drei Sekunden später rennen William und Laurel durch die Station und rufen »Feuer, Feuer!«. Commander Kokh befindet sich zu dieser Zeit außerhalb der Mars Desert Research Station und baut am Tunnel hinter dem Gebäude. Bordingenieur Winikoff und ich selbst schlummern noch selig. Dem Geschrei und Gepiepse messen wir keine erhöhte Aufmerksamkeit bei, denn wir halten es für eine Feuerübung oder für einen bösen Scherz, um uns aus den Kojen zu locken. Als Laurel jedoch zu rufen beginnt, dass dies kein Test sei und sie eine Tür nach der anderen aufreißt, wird uns der Ernst der Lage bewusst. Kaum haben wir unsere Schlafzimmertüren geöffnet, stehen wir auch schon in einer Wolke aus Rauch und Pulver aus dem Feuerlöscher. Es bleibt keine Zeit für Fragen – erst rennen wir zur Treppe, dann weiter zur Schleuse und nach draußen.

Probe für den Ernstfall

Was ist passiert? William hat einen kleinen elektrischen Brand ausgelöst, als er an der Hinterseite des Notebooks hantierte, mit dessen Hilfe die Webcam Bilder aus der Station überträgt. Er verursachte eine statische Entladung, durch die bis zu zwanzig Zentimeter hohe Flammen entstanden.

Bevor sich alle Crewmitglieder auf den Weg nach unten machten, hatte Laurel es irgendwie geschafft, den Gasherd auszudrehen, und William hatte das große Bullauge geöffnet, um den beißenden Geruch loszuwerden. Im äußersten Notfall hätte sich die Mannschaft durch dieses Fenster über eine Strickleiter abseilen können, die für Fälle wie diesen stets griffbereit unter dem Tisch liegt. Doch zum Glück waren wir auch ohne derartige Aktionen entkommen.

Nach etwa 15 Minuten hektischen Durcheinanders außerhalb der Station beginnen schließlich die Aufräumarbeiten. Die Stichflammen haben an der Wand schwarze Spuren hinterlassen. Besonders hässlich wirkt die weiße Pulverschicht, die vom Einsatz des Feuerlöschers stammt.

Doch auch diese Erfahrung hat ihr Gutes. Alle Crewmitglieder haben richtig reagiert, es ist kein größerer Schaden an der Station entstanden. Prüfung für den Ernstfall bestanden, sozusagen.

Sol 8: Heimflug zur Erde. Eines unterscheidet unsere Crew von ihren »richtigen« Astronautenkollegen, die im nächsten Jahrzehnt zu Mond und Mars aufbrechen werden. Letztere werden mit dem Crew Exploration Vehicle (siehe AH 4/2006, S. 12) zu ihrem Ziel und wieder zurück zur Erde gelangen. Unser Weg zurück in den Alltag verläuft anders. Der große, blaue Lastwagen der US-Luftwaffe, der uns vor 14 Tagen von Salt Lake City vier Stunden lang Richtung Süden, nach Hanksville, und von dort aus in die Wüste Utahs brachte, hat diesen Einsatz nicht überstanden. Die Mars Society verfügt zwar bereits über einen neuen Transporter, doch dieser muss erst überholt und einsatzbereit gemacht werden. Also wird unsere fünfköpfige Mannschaft für die Rückreise auf verschiedene Fahrzeuge verteilt und wir starten getrennt in Richtung Heimat.

Was ist das Fazit unseres Experiments? Wir hatten auf der Mars Desert Research Station mit einigen Unzulänglichkeiten zu kämpfen. Im Prinzip funktioniert die Simulation eines isolierten Aufenthalts auf einer Mond- oder Marsstation. Doch hin und wieder haben wir sie mit einigen »Schummeleien« durchbrochen. Die Verführung, »mal eben« vor die Tür zu gehen, ist groß. Längst nicht bei allen Außenbordeinsätzen hatten wir unsere Raumanzüge angelegt und Helm und Sauerstofftank mitgeführt.

Auch die Energieversorgung der Station dürfte auf Mond und Mars so nicht funktionieren. Der Generator, der die Batterien des Habitats auflädt, wird hier mit Diesel gespeist. Dort müsste Sonnen- oder Nuklearenergie diese Aufgabe übernehmen.

Vorsicht bei der Wahl des Materials

In den letzten beiden Wochen sind mehrmals Nahrungsmittel und logistische Güter – vorwiegend Baumaterial für den Tunnel – aus Hanksville geliefert worden. Auf einem außerirdischen Vorposten würde wahrscheinlich nur alle sechs Monate ein Versorgungsraumschiff von der Erde eintreffen. Was die Astronauten bei der Anreise nicht mitgebracht haben, stünde ihnen nicht zur Verfügung, es sei denn, sie könnten es vor Ort gewinnen.

Der Brand hat uns gezeigt, dass durch das Holz in der Außenwand und den Teppich im ersten Geschoss leicht ein Feuer ausbrechen kann. Ähnliche Habitate auf anderen Planeten sollten also besser nicht aus solchen Baumaterialien bestehen. Doch von derartigen »Kleinigkeiten« haben sich Menschen bei der Eroberung neuer Welten bekanntlich noch nie aufhalten lassen – Mars und Mond, wir kommen! <<

Guido Meyer (obere Reihe rechts) arbeitet als freier Journalist in Bonn und Miami. Er ist spezialisiert auf Themen rund um Astronomie und Raumfahrt.

WILLIAM FUNG-SCHWARZ

Die Mannschaft hat es geschafft Zwei Wochen in einem Wohncontainer sind sicher kein Zuckerschlecken. Doch unsere Crew hat die Prüfung für den Ernstfall bestanden.

Das europäische ATV könnte schon in naher Zukunft Versorgungsflüge zur Internationalen Raumstation übernehmen – und dann gemeinsam mit dem russischen Kliper die US-amerikanischen Raumfähren ersetzen.

Neue Allianzen – alle wollen ins All

Die Führungsposition der USA in der bemannten Raumfahrt könnte bald der Vergangenheit angehören – viele der größeren Nationen haben eigene Pläne zur Eroberung des Weltraums.

>> Eugen Reichl

ESA

Die russische Sojus wird bereits heute wegen ihrer Zuverlässigkeit geschätzt und häufig genutzt, um von Baikonur aus europäische Satelliten zu starten – diese Zusammenarbeit wird in Zukunft noch enger werden.

Wir schreiben den 29. April 2015: Ein russisches Kliper-Raumschiff mit sechs Besatzungsmitgliedern steuert die Internationale Raumstation an. Der Start war tags zuvor mit einer Angara-Trägerrakete von Baikonur aus erfolgt. An Bord sind der russische Kommandant und sein deutscher Pilot. Hinter den beiden sitzen die Mitglieder der ISS-Austauschmannschaft: ein Russe, ein Däne und ein Franzose. Die vierte Person ist der stellvertretende chinesische Minister für Raumfahrt und Technologie, ein ehemaliger Taikonaut, der schon zwei Raumflüge im Rahmen des Shenzou-Programms absolvierte.

Die Misson hat zwei Hauptaufgaben. Zum einen soll die Hälfte der Besatzung der Raumstation ausgetauscht werden. An Bord der ISS befinden sich derzeit zwei Russen, ein Japaner, ein Franzose, ein Niederländer und ein Gast-Taikonaut.

Europäisch-asiatische Allianzen

Die andere wichtige Aufgabe ist die Unterzeichnung der Kooperationsvereinbarung der neuen europäisch-asiatischen Raumfahrtallianz. Dabei geht es um ein Abkommen zum Aufbau einer bemannten Mondbasis und um die geplante sino-europäische Expedition zum Mars.

Die Voraussetzungen für die beiden Vorhaben sind gut, denn die Basis für bemannte Aktivitäten ist in der letzten Zeit erheblich breiter geworden. Neben den russisch-westeuropäischen Kliper-Raumfahrzeugen und den chinesischen Shenzou-Kapseln steht seit diesem Jahr auch das japanische System Hope II zur Verfügung. In Kürze wird außerdem das indische Kalpana-Raumschiff einsatzbereit sein. Diese verschiedenen Raumfahrzeuge verschaffen den anvisierten Vorhaben Planungssicherheit.

Doch wo sind jetzt, 15 Jahre nach Beginn des 21. Jahrhunderts, die Amerikaner? Nun, die Geschichte ist schnell erzählt: Als im Jahr 2008 die demokratische Präsidentschaftskandidatin die Wahlen gewann und die Konsolidierung des zerrütteten amerikanischen Staatshaushalts zur nationalen Priorität erhob, wurden alle »Nice to have«-Aktivitäten auf Eis gelegt – zuallererst die Space Exploration Initiative der Nasa. In der Folge zogen sich die Investoren aus dem gerade aufblühenden privaten Raumfahrtgeschäft zurück, sodass die eben entstandenen Unternehmen reihenweise Konkurs anmelden mussten.

Das Szenario scheint weit hergeholt? Betrachten wir doch einfach die Fakten, denn fast unbemerkt von der breiten Öffentlichkeit entwickelt sich die internationale Raumfahrt tendenziell in genau diese Richtung.

Vier der fünf nächsten Mondorbitsonden stammen nicht etwa aus den USA, sondern aus Indien, Japan und China. Während die Amerikaner noch überlegen, ob sie ihr Mars Roving Laboratory im Jahr 2009 starten oder doch erst 2011, entwickeln die Europäer gerade mit Volldampf ihre Mission Exo-Mars. Die Russen haben nach langer Abstinenz von Einsätzen mit Raumsonden wieder eine Mission zum Marsmond Phobos in ihre Planung aufgenommen, um von dort Proben zur Erde zu bringen. Gleichzeitig wirbt der Raumfahrtkonzern Energia zusammen mit der russischen Raumfahrtbehörde um internationale Partner für sein bemanntes Marskonzept.

Die europäische Raumfahrtagentur verfolgt eigene Pläne. Anders als die USA, die sich eigensinnig abschotten und mit ihren Einschränkungen für den Export sicherheitsrelevanter Artikel gleichzeitig Technologietransfer und internationale Zusammenarbeit unterbinden, baut Europa seine Allianzen aus. Die Beteiligung am russischen Kliper-Vorhaben wird vorangetrieben und ziemlich sicher in einer gemeinsamer Entwicklung münden, obwohl sie bei der Ministerratskonferenz vom November 2005 noch nicht offiziell abgesegnet wurde.

Abnabeln von Amerika

Der Grund ist klar: Europa braucht Kapazitäten in der bemannten Raumfahrt, die von Amerika unabhängig sind. Zu häufig haben die USA Raumfahrtabkommen einseitig gekündigt oder sind auf Grund technischer Probleme nicht in der Lage gewesen, ihren vertraglichen Verpflichtungen nachzukommen. In diesem Zusammenhang werden zurzeit in Europa auch eigene bemannte Systeme auf Basis des Automatic Transfer Vehicle (ATV) untersucht. Dieses Fahrzeug ist ja schon ein vollständiges Raumschiff, dem nur noch die Fähigkeit fehlt, zur Erde zurückzukehren.

Für die Langzeitplanung mit den Flugzielen Mond und Mars wurde das Aurora-Programm ins Leben gerufen, das Europa aber wohl nur gemeinsam mit anderen Nationen stemmen kann. Eine relativ breite Zusammenarbeit mit China läuft bereits jetzt mit der gemeinsamen Mission Double-Star und dem Navigationssatellitenprogramm Galileo. Im Jahr 2003 wurde ein erstes Abkommen zwischen der EU und der Nationalen Chinesischen Raumfahrtbehörde über die Zusammenarbeit im Weltraum abgeschlossen.

Bereits seit Langem ist die Partnerschaft mit Japan durch viele Programme gefestigt. Die europäische Merkur-Sonde >

ESA

EADS

Künftige europäische Raumfahrtmissionen Der Marsrover (oben) ist Teil der Exo-Mars-Mission und eine wichtige Zwischenstufe des Aurora-Konzepts, das bis zum Jahr 2030 eine bemannte Marsmission vorsieht. Das Automatic Transfer Vehicle (ATV, unten) soll bereits 2007 startbereit sein und die ISS ansteuern können. Damit werden die Versorgungsflüge unabhängiger von den US-amerikanischen Spaceshuttles.

JAXA

Japanische Träume von einer ständigen Mondbasis: Noch sind die Japaner nur in der unbemannten Raumfahrt aktiv, ihre langfristigen Ziele liegen jenseits des Monds.

> Bepi Colombo beispielsweise wird mit wesentlicher japanischer Beteiligung gebaut. Beteiligungen an Indiens boomendem Weltraumprogramm sind ebenfalls bereits unter Dach und Fach, auf politischer wie technischer Ebene.

Roter Stern im Kosmos

Die russische Raumfahrt hat die Wirren nach dem Zusammenbruch der Sowjetunion gut überstanden. Im Unterschied zu anderen Industriezweigen war sie nie völlig abgemeldet, denn die Raumfahrt gehört zu den wenigen Gebieten, bei denen Russland an der Weltspitze liegt.

Heute gibt es eine große Anzahl von Kooperationen zwischen der Esa und der russischen Raumfahrtbehörde, aber auch zwischen privaten Unternehmen wie EADS und Krunitschew. Europa und Russland arbeiten unter anderem bei der Triebwerksentwicklung, in der Telekommunikation und in der Produktion und dem Einsatz von Trägerraketen zusammen. Aufbau und Betrieb der Internationalen Raumstation wären ohne Russland undenkbar. Die ISS würde nach den Problemen mit dem Shuttle heute gar nicht mehr existieren, gäbe es nicht die zuverlässigen Transportsysteme Sojus und Progress.

Der Wille zu Bündnissen ist überall zu spüren. Die gegenwärtige ISS-Besatzung, die Expedition 13, ist ein gutes Beispiel dafür. Kommandant ist der Russe Pawel Winogradow, Flugingenieur Jeffrey Williams stammt aus den USA und als Gastkosmonaut war der Brasilianer Marcos Pontes für eine Woche an Bord.

Chinas Raumfahrtprogramm ist mit einem Supertanker zu vergleichen. Er kommt zwar nur langsam in Fahrt, ist dann aber nicht mehr zu stoppen. Schon heute ist das Reich der Mitte mit bis zu acht Missionen pro Jahr die bedeutendste Weltraummacht Asiens. Außerdem hat die Volksrepublik bereits erfolgreich bemannte Raumfahrtmissionen durchgeführt.

Die chinesischen Ambitionen sind langfristig angelegt. Sie gehen in Richtung Mond, so sehr das auch offiziell immer wieder dementiert wird. Der Mond ist einer der Schauplätze, auf denen sich China in naher Zukunft mit den USA um Platz eins im All streiten wird. Derzeit sind drei unbemannte Missionen in Planung: die Orbitmission Chang'e, die bereits im nächsten Jahr auf die Reise gehen soll, außerdem eine Mondlande- und Rovermission, die im Jahr 2012 starten wird, und 2014 soll Mondgestein zur Erde gebracht werden.

In diesem Zusammenhang ist interessant, dass die Chinesen erst kürzlich ihr komplettes Raumflugprogramm umgestellt haben. Die Änderungen wären für ein bemanntes Mondprogramm wesentlich sinnvoller als für die Errichtung einer Raumstation, die bislang stets als alleiniges Ziel der bemannten Raumfahrt Chinas genannt wurde.

Die bisherige Vorgehensweise, schrittweise durch immer anspruchsvollere Missionen langsam an Erfahrung zu gewinnen, wurde offensichtlich aufgegeben. Nach einem Weltraumspaziergang im Jahr 2008, kurz vor oder während der Olympischen Spiele in Peking, bei dem zwei Taikonauten ihr Raumfahrzeug verlassen werden, geht China in die Vollen. Für das Jahr 2010 ist gleich eine dreifache Shenzou-Mission angesetzt, bei dem die Raumschiffe Shenzou 8, 9 und 10 miteinander gekoppelt werden sollen.

Sie werden aber nicht mehr die Basis der Raumstation bilden, die einmal angestrebt wurde. Vielmehr scheint es sich dabei um eine Testmission für einen Mondtransfereinsatz zu handeln, bei dem ein bemanntes Raumfahrzeug an eine unbemannte, voll getankte Transferstufe andockt, die dann den Einschuss in eine Flugbahn um den Mond besorgt.

Eine solcher Flug um den Erdtrabanten ist energetisch relativ einfach und entspricht in etwa dem, was die Sowjets im Rahmen des Zond-Programms in den späten 1960er Jahren durchgeführt haben, damals allerdings unbemannt. Er könnte – den erfolgreichen Ablauf der Testmission im Jahr 2010 vorausgesetzt – bereits im Jahr 2012 oder 2014 stattfinden, also noch bevor die Amerikaner mit ihrem geplanten Crew Exploration Vehicle den Mond erreichen können. Die Wirkung auf die Öffentlichkeit, vor allem innerhalb Chinas, wäre enorm.

Im Osten viel Neues

Mitte des nächsten Jahres will Japan die Raumsonde Selene mit einer H-2A-Rakete zum Erdtrabanten starten: eine anspruchsvolle Orbitmission mit einem 1,4 Tonnen schweren Raumfahrzeug, das auch noch zwei Subsatelliten in unterschiedlichen Mondumlaufbahnen aussetzen soll.

Wenige Monate später folgt Lunar A an der Spitze einer M5-Rakete. Dies ist ebenfalls ein sehr ehrgeiziges Vorhaben, bei dem sich nicht nur ein Orbiter auf den Weg macht, sondern auch zwei Penetratoren, die eine halbharte Landung durchführen sollen. Das bedeutet hier: Die beiden jeweils 13 Kilogramm schweren und 90 Zentimeter langen Landesonden werden nur so weit abgebremst, dass sie mit etwa 250 Meter pro Sekunde auf dem Mond aufschlagen und sich dabei

drei Meter tief in das Oberflächengestein eingraben. Die Einschlagsonden können einen Aufprallschock vom Zehntausendfachen der Erdbeschleunigung aushalten und werden mit Lithium-Batterien betrieben, die eine Lebensdauer von einem Jahr haben. Die Messdaten der Penetratoren werden gespeichert und alle 15 Tage an den Orbiter übermittelt.

Die langfristigen Pläne Japans gehen aber eindeutig in Richtung bemannter Raumfahrt. Auch Japan hat ein Versorgungsfahrzeug für die Raumstation entwickelt, ähnlich dem europäischen ATV. Es trägt den Namen H-2 Transfer Vehicle (HTV) und wie das ATV könnte es den Grundstock für die Entwicklung eines vollständig bemannten Raumfahrtsystems bilden.

Die Ambitionen und Hoffnungen der technikbegeisterten Japaner gehen aber über die Erdumlaufbahn hinaus in Richtung Mond und Mars. Dafür gibt es heute schon im Detail entwickelte Szenarien. Japan ist gerade in Europa als verlässlicher Partner sehr beliebt.

Im indischen Raumfahrtbudget sind jährliche Zuwachsraten von dreißig Prozent ebenfalls zur Regel geworden. Mit den verfügbaren Mitteln wachsen auch die Ziele. Eine erste unbemannte Mondorbitmission ist bereits in Vorbereitung und die Planungen für die Entwicklung eines bemannten Raumfahrzeugs haben ein ernsthaftes Stadium erreicht. 2014 soll der erste Astronaut in einem indischen Shuttle den Erdorbit erreichen. Die Motivation ist klar: auf keinen Fall gegenüber China ins Hintertreffen zu geraten und als kommende Weltmacht auch auf diesem Gebiet ganz vorne mitzumischen.

Die Mission Chandrayaan 1 ist das erste Element dieser Strategie. Sie soll bereits im September nächsten Jahres an der Spitze einer indischen PSLV-Trägerrakete den Flug zum Mond antreten. Chandrayaan bedeutet in Hindu: Reise zum Mond.

Das Projekt läuft derzeit gut und es sieht ganz danach aus, als könnte dieser Starttermin gehalten werden. Die Umlaufbahn der beim Abheben 1050 Kilogramm schweren Sonde soll in 100 Kilometer Höhe über beide Mondpole führen. Das Raumfahrzeug hat für seine auf mindestens zwei Jahre angesetzte Mission auch einige europäische Instrumente an Bord.

Der Esa-Rat beschloss im März 2005 eine Zusammenarbeit bei der Mondforschung mit Indien, welche die Chefs der beiden Weltraumorganisationen, Jean-Jacques Dordain und Madhavan Nair, am 27. Juni 2005 in Bangalore besiegelten.

Amerika auf dem Abstellgleis?

Die Raumfahrtallianzen außerhalb der amerikanischen Einflusssphäre gewinnen also zusehends an Bedeutung. Betrachten wir noch einmal unser Eingangsszenario und schauen uns den aktuellen Zustand des Raumfahrtprogramms an.

Das Shuttle-Programm wird schon in diesen Tagen heruntergefahren, obwohl die Flugrate vorübergehend wieder ansteigt. Der scheinbare Widerspruch ist leicht erklärt. Die drei noch verbliebenen Orbiter der Nasa, Discovery, Atlantis und Endeavour, haben ihre letzte Generalüberholung hinter sich. Die Anlagen und Vorrichtungen zur Wartung werden bereits demontiert, das Personal wird entweder anderen Projekten zugeordnet oder entlassen. Das bedeutet, dass jedes der drei Spaceshuttles nur noch die begrenzte Anzahl von Missionen durchführen kann, die bis zur nächsten Generalüberholung zulässig sind.

Im Fall der Atlantis sind daher lediglich fünf weitere Flüge möglich. Dann dient sie als Ersatzteillager für die beiden noch flugfähigen Shuttles. Mehr noch: Für die Raumfähren werden weder Ersatzteile gefertigt noch welche bestellt. Spätestens im Jahr 2010 endet das Spaceshuttle-Programm definitiv, bei einem weiteren Unfall sogar noch früher. Bis dahin müssen die privaten Raumfahrzeuge des COTS-Programms (AH 4/2006, S. 12) einsatzbereit sein, damit die Amerikaner weiterhin bemannte Raumflüge durchführen können. Andernfalls müssen sie auf das Crew Exploration Vehicle (CEV) warten, das Nasa-Raumfahrzeug der nächsten Generation. Auch unter günstigsten Bedingungen wird der Spaceshuttle-Nachfolger seinen ersten Einsatz jedoch nicht vor 2012 erleben.

Ob es zu dem hier geschilderten Szenario kommt, entscheidet der nächste US-Präsident nach der Wahl im Jahr 2008. Ist er (oder sie) nicht »pro space« eingestellt, kann es das Ende der USA als Raumfahrtmacht bedeuten. Dem Aufstieg der ehemaligen Underdogs aus Europa und Asien steht danach nichts mehr im Weg. Aber sogar wenn die USA weiterhin ein starkes Raumfahrtprogramm betreiben, wird die neue europäisch-russisch-asiatische Allianz ein mächtiger Herausforderer. <<

Eugen Reichl glaubt, dass viele Wege zum Mond führen. Es muss nicht zwangsläufig ein amerikanischer Highway sein.

Dieser japanische Raumgleiter existiert vorläufig nur in der Computersimulation. Ob wir seinen Start miterleben können, bleibt abzuwarten.

Rasender Schutt im All

Tausende Schrottteile schießen kreuz und quer durch den erdnahen Weltraum – und treffen immer öfter aktive Satelliten und Raumschiffe. Dort oben wird es Zeit für eine Müllabfuhr, sagen Experten.

>> Sven Titz

Was fliegt nicht alles durch den Kosmos! Trümmerteile von Raketenstufen, Abdeckkappen, Sprengbolzen, Farbpartikel, Spannbänder, Schrauben und Schraubendreher, Tropfen von Kühlflüssigkeit, Kupferdrähte, Fetzen aus Folien zur Wärmeisolierung, Schlacke aus Feststofftriebwerken ... Sogar ein Handschuh trudelte im Jahr 1965 ein paar Tage lang in der Schwerelosigkeit. Den hatte US-Astronaut Ed White bei einem Weltraumspaziergang verloren.

All dieser Müll treibt nicht etwa gemächlich durch den luftleeren Raum. Er rast mit typischen Orbitalgeschwindigkeiten von mehreren Kilometern pro Sekunde um den Erdball. Deshalb ist er nicht nur ein kosmetisches Problem, sondern wird zunehmend zur Gefahr für die Raumfahrt. Am 21. Oktober des vergangenen Jahres zum Beispiel sah sich die Nasa dazu veranlasst, ihren Satelliten Terra auf ein kosmisches Ausweichmanöver zu schicken. Der Grund: Terra – ein technisches Prunkstück, das brillante Fotos von der Erde schießt – hätte sich zwei Tage später dem Trümmerteil einer Scout-G-1-Rakete bis auf fünfzig Meter nähern können. Die Wahrscheinlichkeit einer Kollision betrug eins zu hundert. Das Ausweichmanöver vergrößerte den minimalen Abstand auf beruhigende 4000 Meter.

Ins Trudeln gekommen

Vor zehn Jahren, am 24. Juli 1996, kam es zur ersten bestätigten Karambolage zwischen einem Satelliten und einem registrierten Stück Weltraumschrott: Der französische Spionagesatellit Cerise (französisch für Kirsche) stieß 700 Kilometer über dem Boden mit einem Teil einer Ariane-Raketenstufe zusammen. Der Aufprall erfolgte mit einer Geschwindigkeit von 14 Kilometern pro Sekunde und ließ eine sechs Meter lange Stange zerbrechen, die den Satelliten wie ein Ausleger stabilisierte. Einem Hammerwerfer ähnlich, dem plötzlich sein Wurfgerät abhanden kommt, begann Cerise zu taumeln. Nur eine neu eingespielte Bordsoftware konnte den Satelliten wieder stabilisieren.

Von zahlreichen Kollisionen mit kosmischen Müllteilchen zeugten auch die Solarpaneele des Weltraumteleskops Hubble, die 2002 auf die Erde zurückgeholt wurden. Auf ihrer Gesamtfläche von 41 Quadratmetern hatten die Partikelchen tausende Einschlagkrater hinterlassen. Das 0,7 Millimeter dicke Paneel war insgesamt 174-mal durchlöchert worden. Die größten Krater hatten einen Durchmesser von acht Millimetern.

Weltweit halten Radarteleskope und optische Sensoren Ausschau nach den gefährlichen Trümmern. Sie erspähen allerdings nur die dicken Brocken, Teilchen mit einem Durchmesser unterhalb von zehn Zentimetern entgehen ihnen meist. Gelegentlich werden sogar irdische Astronomen, die überhaupt nicht auf der Suche danach sind, mit Weltraumschrott behelligt: Reflektierende Trümmer hinterlassen auf Astrofotografien manchmal lange Lichtspuren.

Die Nasa sammelt Beobachtungen von kosmischen Schrottteilen im »US Space Surveillance Network«. Bis heute haben die Fachleute 9500 Objekte gezählt, die einen Durchmesser von mehr als zehn Zentimetern besitzen. Nicht nur sie sind gefährlich: Bereits Teilchen mit nur einem Zentimeter Durchmesser entfalten bei dem typischen Aufpralltempo die Wirkung einer explodierenden Handgranate. Hunderttausende solcher Partikel sausen um den Erdball – wie viele genau, weiß man nicht.

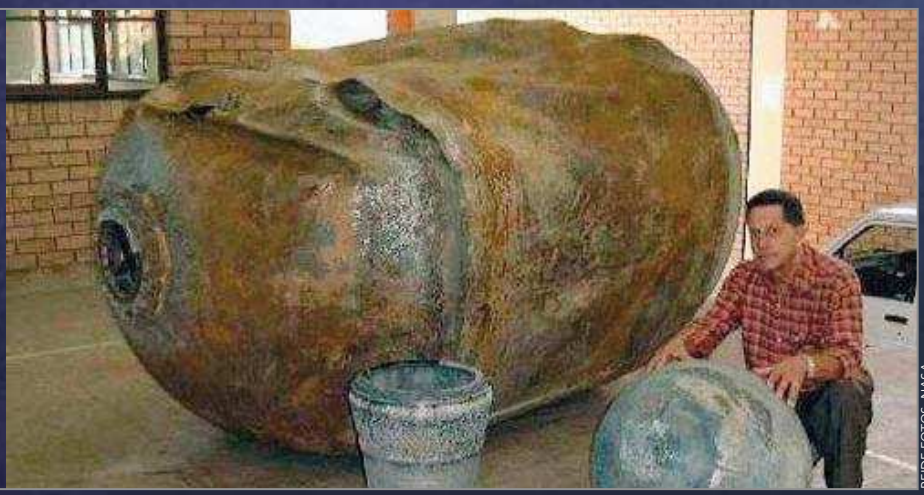
Zum Glück bleiben nicht alle Trümmer auf ewig oben. »Im vergangenen Jahr sind etwa zweihundert uns bekannte Ojekte abgestürzt«, sagt Heiner Klinkrad, Raumfahrtingenieur am europäischen Raumfahrtkontrollzentrum Esoc in Darmstadt. Die meisten davon seien verglüht.

Der Eintritt in die Atmosphäre beginnt dabei schleichend: In den erd- >

Was ist Weltraummüll?

Damit keine Missverständnisse auftreten, was unter Weltraummüll zu verstehen ist, gilt international folgende Definition: »Weltraummüll oder Weltraumschrott wird definiert als jedes von Menschen geschaffene Objekt auf einer Erdumlaufbahn, das keine Funktion erfüllt und für das keine reelle Erwartung besteht, seine beabsichtigte Funktion oder irgendeine andere Funktion, die man von ihm erwartet oder erwarten kann, zu erfüllen oder wieder aufzunehmen, einschließlich der Fragmente und Teile des Objekts.«

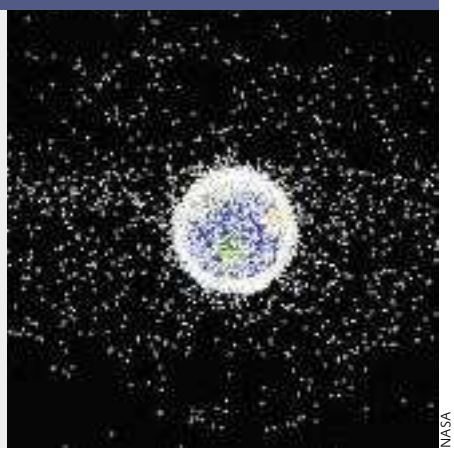
Atemberaubend schön präsentieren sich hier Wolkenbänke über dem Indischen Ozean, aufgenommen an Bord des Spaceshuttles Discovery. Die Idylle lässt vergessen, dass der Aufenthalt im Orbit kreuzgefährlich sein kann. Viele Millionen Schrottteile kreisen schneller als Gewehrgeschosse um die Erde, darunter metergroße Komponenten von ausgebrannten Raketenstufen. Manchmal fallen sie auch herunter – wie die abgebildeten Trümmer einer Delta-2-Rakete (rechts).



BEIDE FOTOS: NASA

Wo befindet sich der meiste Müll?

Die größte Partikeldichte liegt in einer Höhe von zirka tausend Kilometern. Dort, in den erdnahen Orbits, sind zahlreiche Satelliten unterwegs. Ein weiteres Müllmaximum befindet sich nahe der geostationären Erdumlaufbahn, in einer Höhe von etwa 36 000 Kilometern. Die Satelliten auf dieser Bahn scheinen an einem Punkt über der Erde festzukleben, denn die Fliehkraft, die infolge ihrer 24 Stunden währenden Umlaufbewegung entsteht, kompensiert gerade die Erdanziehung.



NASA

> nächsten Umlaufbahnen, wenige hundert Kilometer über dem Boden, herrscht kein perfektes Vakuum – dort sind vereinzelte Gasmoleküle und Atome unterwegs. Wenn Satelliten oder Raketenreste hindurchrasen, werden sie langsam abgebremst. Sie sinken und treten irgendwann – mit immer noch gewaltigem Tempo – in die Erdatmosphäre ein, wo sie sich wegen der Luftreibung stark erhitzen. In einer Höhe von achtzig Kilometern ist die Erwärmung so stark, dass die meisten Überbleibsel in kleinere Teile zerbrechen, die anschließend verglühen. Bis zum Boden gelangen vor allem hitzebeständige Fragmente von Satelliten und Raketenoberstufen.

Wird der Absturz nicht gesteuert, können die Trümmer überall auf der Erde aufschlagen – teils mit Überschallgeschwindigkeit. Kleine Partikel schweben hingegen sanft wie Schneeflocken hinab.

Simulation eines Einschlags

Ein 4,6-Millimeter-Pojektil aus Aluminium (a) trifft mit sieben Kilometer pro Sekunde auf eine 1,2 Millimeter dicke Aluplatte (b). Dahinter liegt eine zweite, 3,3 Millimeter dicke Platte (c).

Der Trümmerteppich erstreckt sich oft über hunderte Quadratkilometer entlang der Flugbahn. Bei einem kontrollierten Absturz lassen die Raumfahrtexperten den Schutt zielgenau in unbewohnte Regionen stürzen. Vor allem die Ozeane auf der Südhemisphäre sowie der Pazifik sind beliebte Aufschlaggebiete.

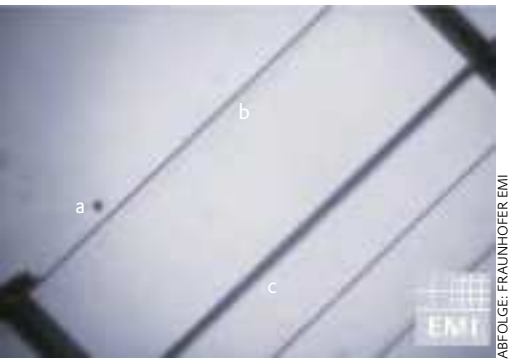
Es hagelt Schrott

Alle elf Jahre regnet es besonders viel Weltraummüll. Denn die Schuttwolken über unseren Köpfen werden auch vom Sonnenzyklus beeinflusst. »Zur Zeit des Sonnenfleckenmaximums registriert man am Boden eine Zunahme der Radiowellenintensität im 10,7-Zentimeter-Bereich«, erläutert Klinkrad. Gleichzeitig nimmt die UV-Strahlung der Sonne zu. Sie wird in den oberen Schichten der Erdatmosphäre absorbiert, sodass diese sich erwärmen und ausdehnen. Infolgedessen nimmt die Gasdichte in der Höhe zu und auf die dort kreisenden Trümmer wirkt eine größere Reibungskraft – der Weltraummüll wird in stärkerem Maß gebremst. »Man kann sagen, dass die erdnahen Umlaufbahnen alle elf Jahre von kleinen Objekten gereinigt werden«, sagt Klinkrad.

Neuerdings gibt es einen zusätzlichen Effekt, der in die entgegengesetzte Richtung wirkt. Kohlendioxid in der Erdatmosphäre könnte die Lebensdauer von Satelliten und Schrottteilen verlängern, berichtet Hugh Lewis von der University of Southampton (Großbritannien). Während das Treibhausgas die Troposphäre erwärmt – jenen zwölf Kilometer dicken, untersten Bereich der Atmosphäre –, kühlt es die darüberliegenden Schichten ab. Denn wenn die Kohlendioxidmoleküle in der dortigen dünnen Luft mit Sauerstoffmolekülen zusammenstoßen, senden sie infrarote Strahlung aus und verlieren Wärmeenergie. Dies könnte dazu führen, dass die Temperatur der oberen Atmosphärenbereiche bis zum Jahr 2100 um fünfzig Grad Celsius abnimmt.

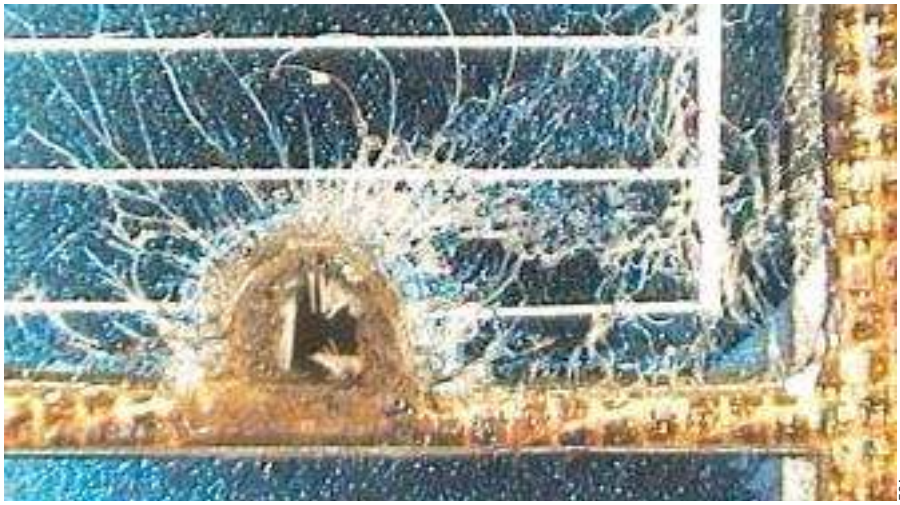
Die Luft zwischen 200 und 1200 Kilometern Höhe würde sich dann zusammenziehen. Lewis vermutet, dass die Gasdichte in der oberen Thermosphäre, der zweitäußersten Atmosphärenschicht, in hundert Jahren nur noch die Hälfte des heutigen Werts betragen könnte. Weil dadurch die Reibungswirkung auf kreisende Satelliten und Trümmer abnimmt, verlängert sich deren Verweilzeit im erdnahen Orbit. »Besonders groß ist der Effekt für Umlaufbahnen zwischen 250 und 700 Kilometer Höhe«, sagt Lewis. In manchen Orbits könne die Zahl von Objekten, die einen Durchmesser größer als ein Zentimeter haben, um das Dreifache anwachsen.

Ein weiteres Problem droht. Wenn die Entstehung von Weltraummüll nicht energisch bekämpft wird, könnten die Kollisionen lawinenartig zunehmen. Es käme zu einem Kaskadeneffekt: Wenn die Trümmer zusammenstoßen, zerbrechen sie und es entstehen zahlreiche neue, die wiederum mit anderen kollidieren. Zwischen 1991 und 2005 gab es laut Nasa bereits drei Karambolagen zwischen registrierten Schrottteilen.



ABFOLGE: FRAUNHOFER EMI

Die Gefahr solcher Kollisionskaskaden kennt man vor allem aus Computersimulationen, die das Verhalten des Weltraummülls vorausberechnen können. Solche Simulationen werden zum Beispiel an der Technischen Universität Braunschweig durchgeführt. In die Berechnungen fließen reale Beobachtungsergebnisse ein, wodurch sie ziemlich wirklichkeitsnah werden, sagt Carsten Wiedemann, der dort eine Arbeitsgruppe leitet. »Wir berücksichtigen auch Teilchen, die nur ein tausendstel Millimeter groß sind«, erläutert er. Die Forscher bedenken zum Beispiel, dass auf Satelliten wie Hubble viele tausend Krater gezählt wurden. Nur wenn die Computersimulation eine vergleichbare Einschlagzahl liefert, ist sie realistisch. »In hundert Jahren könnte der Kaskadeneffekt eine wichtige Rolle für die erdnahe Raumfahrt spielen«, sagt Wiedemann.


ESA

Die Solarpaneele des Weltraumteleskops Hubble hatten im All einiges auszuhalten. Sie standen unter regelrechtem kosmischen Dauerbeschuss. Der hier gezeigte Einschlag ist 2,5 Millimeter groß.

Aus Schutt geboren

Fachkollegen sehen das ähnlich. Schon Mitte des 21. Jahrhunderts könnte ein Zustand erreicht sein, wo sich der Weltraummüll im Zuge ständiger Kollisionen fortlaufend selbst vermehrt, berichteten Jer-Cyi Liou und Nicholas Johnson von der Nasa unlängst im Wissenschaftsmagazin »Science«. In tausend Kilometer Höhe habe die Trümmerdichte schon heute die kritische Schwelle überschritten, so Liou und Johnson. Die Zusammenstöße dort erzeugten ebenso viele neue Partikel wie durch Abwärtsdriften verloren gingen.

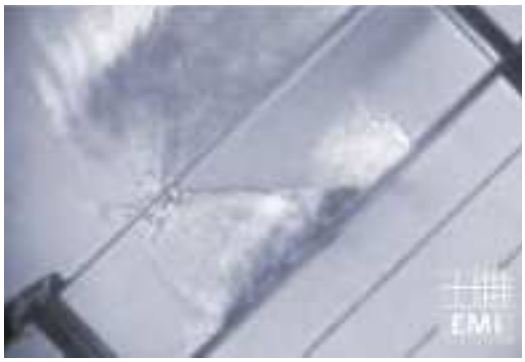
Wenn man weiß, wie viel Schutt den Satelliten, der Internationalen Raumstation (ISS) und den Spaceshuttles dort oben »um die Ohren« fliegt –, liegt es dann nicht nahe, sie vor Kollisionen zu schützen? Das kommt darauf an, antwortet der Physiker Frank Schäfer vom Fraunhofer-Institut für Kurzzeitdynamik, dem Ernst-Mach-Institut (EMI, Freiburg). In der bemannten Raumfahrt gebe es verbindliche Sicherheitsvorschriften, die konsequent umgesetzt würden. Doch bei den unbemannten Satelliten sei das anders. »Wegen fehlender Vorschriften versehen nur wenige Hersteller ihre Satelliten mit einem Schutzschild«, so Schäfer. Dabei nähmen diese das Risiko in Kauf, dass Trümmereinschläge auf Satelliten zu Störungen und Ausfällen führen. Die Hersteller wögen das Risiko gegen die Kosten für Schutzmaßnahmen ab. Hinzu käme, dass sich manche Teile von Raumfahrzeugen, etwa Optiken oder Radarschirme, nicht gegen Einschläge schützen ließen.

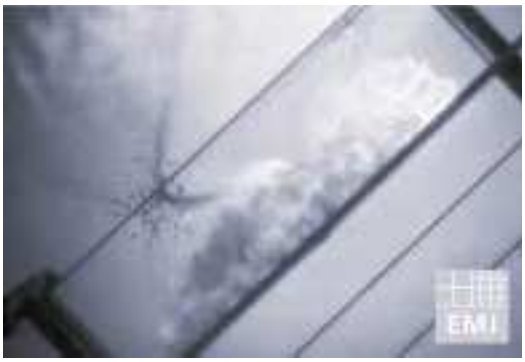
Die einfachste Variante eines Schutzschilds ist eine Aluminiumplatte von einem Millimeter Dicke, die wenige Zentimeter vor die Außenwand des Raumschiffs montiert wird. Heranrasende Schrotteile können sie zwar leicht durchschlagen, zersplittern jedoch dabei (siehe die Bildfolge unten auf dieser Doppelseite). Es entsteht eine Wolke aus feinsten Fragmenten, die sich aus festen, gasförmigen und flüssigen Anteilen zusammensetzt und die eigentliche Raumschiffwand nicht mehr so leicht durchdringen kann.

»Das europäische Columbusmodul, das voraussichtlich bald an die ISS koppelt, soll so gut geschützt sein, dass Teilchen von etwa einem Zentimeter Durchmesser kein Loch in seine Hülle schlagen können«, sagt Schäfer. Ein einfacher Aluminiumschirm reicht dafür nicht, denn die Partikel nähern sich mit bis zu 15 Kilometer pro Sekunde – mehr als 15-mal so schnell wie eine Gewehrkugel. Darum setzt das Fraunhofer-Team auf weitere Schutzschichten zwischen Aluplatte und Raumschiffwand.

Gepanzerte Raumschiffe

Diese Schichten bestehen aus Kevlar, einem Bestandteil schusssicherer Westen, und Keramikgewebe. Die Freiburger Forscher testeten den mehrlagigen Schutzschild mit Hilfe von Leichtgaskanonen, die Aluminiumkügelchen auf bis zu zehn Kilometer pro Sekunde beschleunigen >





LINKS: ESA / RECHTS: FRAUNHOFER EMI

Eindrucksvoll prallte die 1,2-Zentimeter-Aluminiumkugel mit 6,8 Kilometer pro Sekunde auf den massiven Alublock (links). Forscher vom Ernst-Mach-Institut in Freiburg testeten verschiedene Schutzschilde für das Columbusmodul, darunter mehrlagige aus Aluminium und Kevlar (rechts).

> (siehe rechtes oberes Bild). Verblüfft stellten sie fest, dass die größte Gefahr nicht von den besonders schnellen Geschossen ausgeht, sondern von den etwas langsameren. Der Grund: Teilchen, die mit etwa drei Kilometer pro Sekunde angeschossen kommen, zersplittern nicht. Sie bleiben intakt und durchschlagen den Schild daher relativ leicht.

Klein, aber tödlich

Die Tests ergaben, dass ein sicherer Aufprallschutz gegen Trümmer, die größer sind als ein Zentimeter, nicht möglich ist, zumindest nicht bei vertretbarem technischem und finanziellem Aufwand. Als besonders tückisch erweisen sich Teile mit Durchmessern zwischen 1,5 und 5 Zentimetern. Sie durchdringen sowohl den Schutzschild als auch die Modulwand, sind aber zu klein, um von Radaranlagen entdeckt zu werden – man kann ihnen also nicht gezielt ausweichen.

Wenn solch ein Trumm die Wand der Raumstation durchschlägt, ist das entstehende Loch nur eines der Probleme. Der Druck in der Station würde recht langsam sinken und das Loch ließe sich womöglich stopfen. Auch der beim Einschlag auftretende Lichtblitz wäre vermutlich relativ ungefährlich. »Allerdings könnte der Knall ziemlich laut sein, je nachdem, wie groß das Teil ist«, sagt Schäfer. Und die in der Station umherfliegenden Splitter könnten Geräte beschädigen oder Astronauten verletzen.

Seit einigen Jahren denken Experten wegen des wachsenden Risikos für die Raumfahrt über die Vermeidung und die Beseitigung des Mülls nach (siehe AH 6/2004, S. 32). Es müsste zum Beispiel verhindert werden, dass Raketenstufen mit Treibstoffresten im All explodieren, wie das nach wie vor geschieht. Eine andere Methode besteht darin, ausgediente Satelliten auf »Friedhofsorbits« zu verschieben – eine Art Abstellgleis im All. Auf diesen Bahnen, typischerweise in 2400 Kilometer Höhe, bewegen sich nur wenige andere Objekte, sodass Kollisionen unwahrscheinlich sind. Einige Fachleute schlagen vor, die orbitale Verweildauer aller Satelliten nach Ende ihrer Mission auf 25 Jahre zu begrenzen.

Das Problem wird damit allerdings nur aufgeschoben. Die Nasa-Experten Liou und Johnson warnen, irgendwann müsse die Müllmenge im All wirklich abnehmen, sonst sorge der Kaskadeneffekt für eine katastrophale Selbstvermehrung des Schrotts. Derzeit fassen sie drei Varianten ins Auge, um wenigstens die großen Objekte aus den am häufigsten benutzten Orbits zu entfernen:

- Roboter können an ausrangierten Satelliten Konstruktionen anbringen, die bewirken, dass sich die Reibung mit der Restatmosphäre stark erhöht. Das würde die Lebensdauer der Trabanten verkürzen und ließe sie bald abstürzen.
- Bemannte Raumsonden sollen ausgediente Satelliten ansteuern. Die Astronauten installieren dann Ionentriebwerke, die die künstlichen Trabanten allmählich in Richtung Erde schieben.
- Energiereiche Laser könnten vom Erdboden aus die Umlaufbahnen von Schrottteilen verändern, indem sie diese mittels des Strahlungsdrucks auf andere Bahnen schieben. Das erfordert allerdings den Einsatz gewaltiger Energiemengen.

So faszinierend diese Methoden klingen mögen – derzeit sind sie allesamt zu teuer beziehungsweise nicht effizient genug. Bis eine praktikable Lösung gefunden ist, bleibt das Parken von Satelliten auf Friedhofsorbits die einzige Möglichkeit, die Zahl der Schrottpartikel im All niedrig zu halten. Auch künftig dürften Fluggeräte auf erdnahen Umlaufbahnen noch so manche Schramme davontragen. <<

Sven Titz entsorgt seinen Müll noch auf herkömmliche Weise. Als Meteorologe ist er froh, dass der Weltraumschrott jenseits der Wolken herumfliegt.

Weltraummüll

wis
wissenschaft in die schulen!

Das Problem Weltraummüll enthält zahlreiche Aspekte, die sich Schüler im Unterricht erarbeiten und nachvollziehen können. Bereits mit einfachen Überlegungen kann die Aufschlagswucht eines künstlichen Trümmerstücks auf einen intakten Flugkörper abgeschätzt werden. Aber auch Fragen wie »Wer haftet für entstehende Schäden? Welche Schutzmaßnahmen sind Erfolg versprechend?« sollen anregen, diese Thematik fächerübergreifend zu betrachten.

www.wissenschaft-schulen.de

S&T / AH

Krone, Held und Waage am Abendhimmel

Der Juni bietet eine Reihe unauffälliger, aber einprägsamer Sternbilder.

>> Fred Schaaf

Nach Einbruch der Dunkelheit strahlt im Süden ein Lichtpunkt, der heller ist als alles andere am Himmel. Das ist Jupiter, der zurzeit im Sternbild Waage (»Libra«) steht.

Diese wurde in Rom zur Zeit Caesars als eigenständiges Sternbild eingeführt. Sie stellt die römische Waage der Gerechtigkeit dar. Ihre Sterne wurden ursprünglich zum Skorpion gezählt und symbolisierten seine Scheren. Der nördlichste Stern der Waage ist Alpha Librae (α Lib), ein schöner Doppelstern. Wenn der Himmel klar ist und Sie sehr gute Augen haben, können Sie seine beiden Komponenten bereits mit bloßem Auge erkennen, ansonsten hilft ein kleiner Feldstecher. Allerdings ist die Sicht zurzeit durch Jupiter etwas eingeschränkt. Alpha Librae ist auch bekannt als Zubenelgenubi. Der Name stammt aus dem Arabischen und bedeutet südliche Klaue. Beta Librae (β Lib) heißt auch Zubeneschemali, nördliche Klaue.

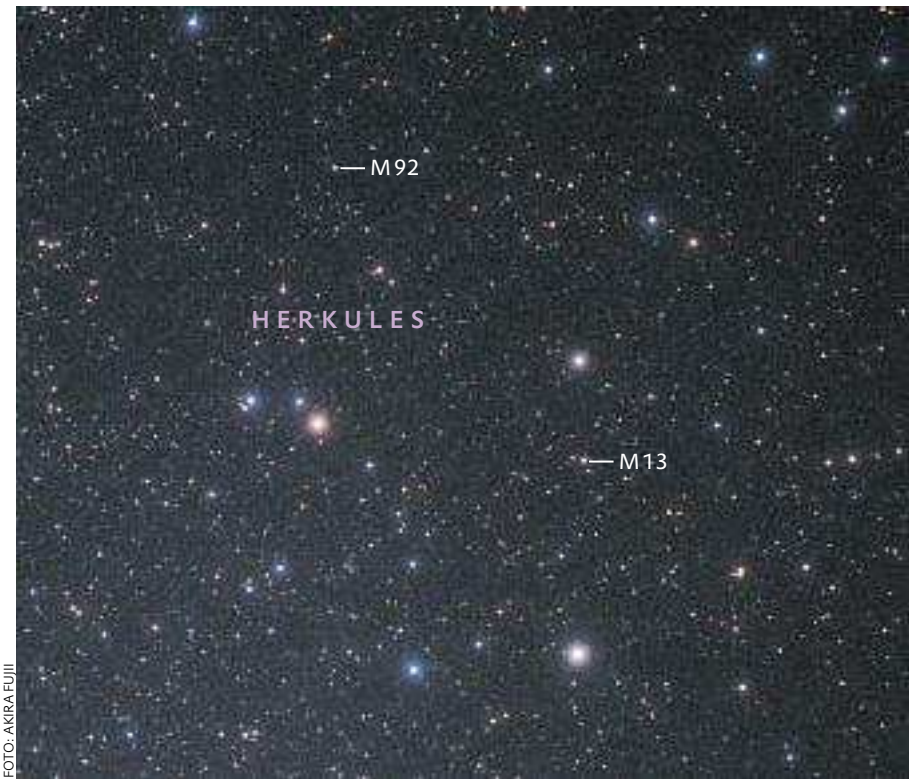


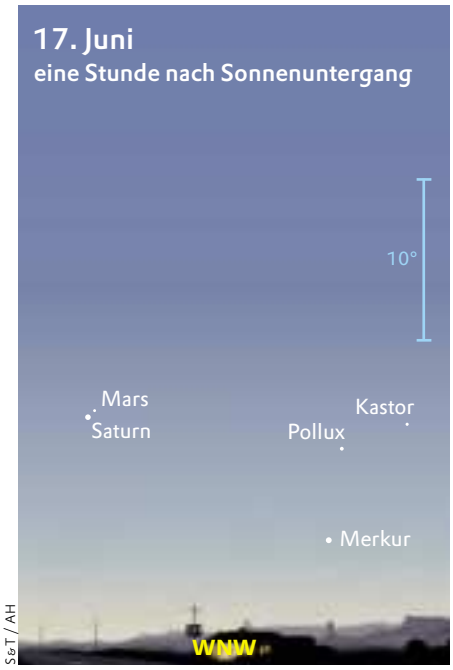
FOTO: AKIRA FUJII

Ein weiteres, eher unauffälliges Sternbild ist Herkules. Der berühmteste Held der griechischen Sagenwelt heißt so und stand Pate für eines der ältesten Sternbilder. Auf unserer Übersichtskarte (S. 42) befindet er sich im Südwesten, fast ganz oben im Zenit. Sie können ihn etwa nach zwei Dritteln der Strecke vom hellen Arktur im Bärenhüter zu Wega in der Leier erkennen.

Er ist nicht ganz leicht zu erkennen, denn er kniet gerade und schwingt mit einer Hand eine Keule hoch über dem Kopf. Die andere Hand streckt er nach vorne. Vergleichen Sie am besten die Positionen der Sterne auf dem Foto (links) mit denen auf der Übersichtskarte.

Das bekannteste Beobachtungsziel im Herkules ist der Kugelsternhaufen M13 (AH 5/2006, S. 36). Mit einem kleinen Fernrohr können Sie bereits einen verschwommenen, schimmernden Ball erkennen. Erst in einem Teleskop mit mindestens sechs Zoll Öffnung (15 Zentimeter) kann er in viele kleine, glitzernde Lichter aufgelöst werden. Jeder dieser Punkte ist einer der vielen hunderttausend Sterne des Haufens. Der zweite Kugelsternhaufen im Herkules ist M92. Er bietet im Teleskop ebenfalls einen überwältigenden Anblick. >

Das Sternbild Herkules enthält zwei helle Kugelsternhaufen, die bereits in einem Fernglas als verwaschene Nebel zu erkennen sind.



> Nach etwa einem Drittel der Strecke von Arktur zu Wega stoßen Sie auf die Nördliche Krone (»Corona Borealis«, CrB). In der griechischen Mythologie ist sie die Krone der Ariadne. Diese gab Theseus einen Wollknäuel, mit dem er aus dem Labyrinth herausfand. Die Krone besteht aus einem Halbkreis schwacher Sterne, unter denen sich nur ein Stern 2. Größe befindet. Er heißt Gemma (Alpha Coronae Borealis, α CrB).

Dieses Sternbild enthält einige interessante veränderliche Sterne. Wenn Sie viel Glück haben, können Sie eines Tages neben dem Halbkreis einen Stern sehen, der ähnlich hell ist wie Gemma. Dies ist die bemerkenswerte wiederkehrende Nova T Coronae Borealis, die etwa einmal im Leben eines Menschen so hell aufflackert, dass sie für das bloße Auge sichtbar wird (Feldstechertipp S. 41).

Seltene Begegnung Mars und Saturn kommen sich bis auf einen Vollmonddurchmesser nahe.

Planeten im Juni

Mars und **Saturn** stehen während und nach der Abenddämmerung am Westhimmel. Sie haben eine beeindruckend nahe Konjunktion gegen Mitte des Monats, kurz nachdem sie auf die Krippe, den offenen Sternhaufen M 44 im Krebs (»Cancer«), gestoßen sind. Der Haken an der Geschichte ist, dass die ganze Gruppe jede Woche immer tiefer sinkt. Im letzten Drittel des Monats geht sie bereits am Ende der Dämmerung unter.

In der ersten Juniwoche kriecht Saturn (1. Größe) langsam durch die südlichsten Ausläufer des Haufens, während der schwächere Mars (2. Größe) sich schnell von rechts unten annähert. Am Abend des 13. Juni sind die Planeten nur etwa ein Grad von der Krippe entfernt, jeweils auf unterschiedlichen Seiten. Das entspricht etwa der Dicke des kleinen Fingers bei ausgestrecktem Arm. Am 15. Juni können Sie mit Ferngläsern oder einem Fernrohr Mars rechts in der Mitte des Haufens sehen. Letztendlich kommen sich Mars und Saturn am 17. Juni am nächsten. Sie stehen dann ungefähr ein halbes Grad voneinander und etwa 1,5 Grad von M 44 entfernt (siehe Grafik links).

Merkur steigt gegen Mitte des Monats aus dem Sonnenuntergang auf. Er befindet sich dann mehr als 1,7 Grad unterhalb von Saturn und Mars, knapp sechs Grad unterhalb von Kastor und Pollux in den Zwillingen (Gemini).

Jupiter leuchtet bei Einbruch der Nacht einsam im Süden. Er ist mit 2,4ter Größe heller als jeder andere Lichtpunkt am Abendhimmel und entfernt sich im Lauf des Monats deutlich von Alpha Librae nach rechts in Richtung Westen.

Venus geht schrecklich früh auf, etwa zwei Stunden vor dem frühesten Sonnenaufgang des Jahres. Kurz nachdem sie aufgestiegen ist, können Sie zu Monatsbeginn links von ihr und gegen Ende über ihr die Plejaden erkennen. Ein paar Tage später läuft sie auf Aldebaran (Alpha Tauri, α Tau) zu.

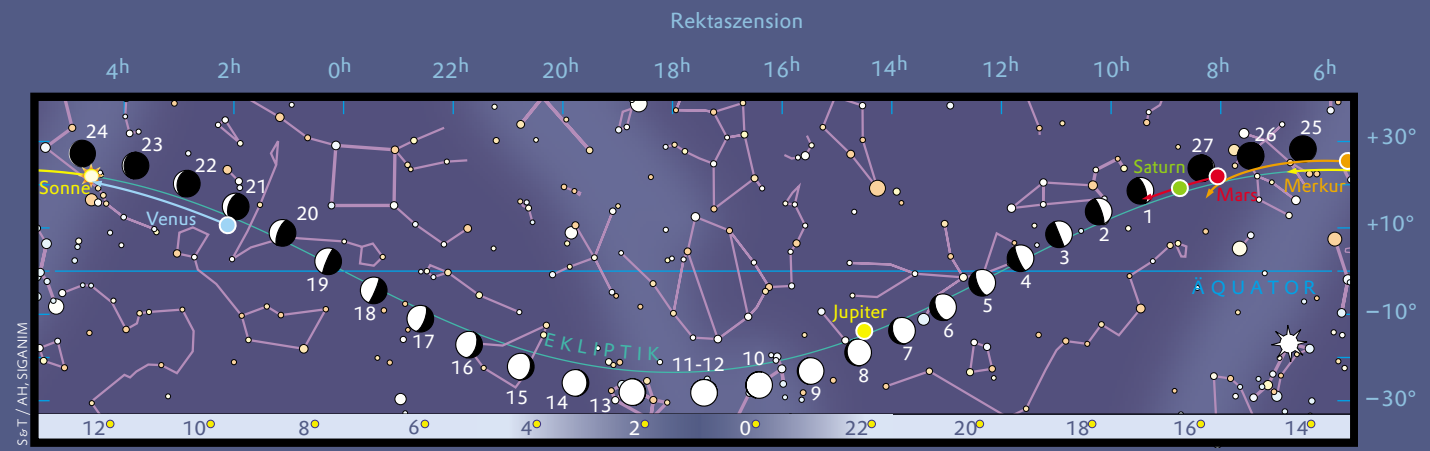
Der **Mond** steht am Abend des 7. und 8. Juni bei Jupiter. Am Morgen des 22. und 23. zeichnet die abnehmende Mondsichel mit Venus und den bedeutend schwächeren Plejaden eine schöne Figur an den Himmel. Am 27. Juni finden Sie die zunehmende Mondsichel in der Abenddämmerung oberhalb von Merkur und rechts von Saturn. Am nächsten Abend ist der Mond direkt über Mars und auf der anderen Seite von Saturn.

Die Sonne erreicht am 21. Juni um 14.26 Uhr MESZ die Sommersonnenwende – damit beginnt auf der Nordhalbkugel der Sommer. <<

Das Monatspanorama zeigt Phasen und Positionen des Monds vom 1. bis zum 27. Juni. Die Pfeile kennzeichnen die Bewegungen von Sonne und Planeten im Lauf des Monats. Die untere Leiste gibt die ungefähre Ortszeit an (korrigiert auf Sommerzeit), wenn der darüberliegende Bereich zur Monatsmitte im Süden steht.

Fred Schaaf freut sich auf das nächste Aufleuchten von T Coronae Borealis.

Der Mond und die Planeten im Juni 2006



Der Mond ist zum besseren Erkennen der Mondphasen auf allen Karten in Übergröße dargestellt.

FELDSTECHERTIPP

Lichtspiel der Kronjuwelen: R und T Coronae Borealis

Das hübsche Sternbild Nördliche Krone (»Corona Borealis«, CrB) ist von dunklen Standorten aus leicht sichtbar. Umrahmt von Herkules (Foto S. 39) und Bärenhüter (unten) zeigt sich ein halbkreisförmiger Bogen aus sieben Sternen, mit der hellen Gemma (α CrB) im Zentrum. Für die zwei spannenden Objekte, die in der Krone verborgen liegen, benötigen Sie allerdings meistens einen Feldstecher und manchmal sogar ein Fernrohr: Sowohl R Coronae Borealis (R CrB) als auch T Coronae Borealis (T CrB) sind veränderliche Sterne, die aber unterschiedlicher gar nicht sein könnten.

Der seit rund zweihundert Jahren bekannte R CrB strahlt in der Regel mit einer maximalen scheinbaren Helligkeit von etwa 6. Größe und ist damit – wie zurzeit – gerade noch mit dem bloßen Auge als schwacher Lichtpunkt erkennbar. Er kann über Jahre hinweg konstant leuchten und plötzlich innerhalb weniger Wochen um bis zu acht Größenklassen an Helligkeit nachlassen. Dann ist er nur noch im Teleskop sichtbar. Bis er wieder hell leuchtet, dauert es viele Monate. Dies wird wahrscheinlich durch Wolken aus Kohlenstoff verursacht, die vom Stern abgestoßen wurden und das Licht absorbieren.

Die wiederkehrende Nova T CrB hingegen erscheint gewöhnlich als Stern etwa 10. Größe und überrascht mit explosionsartigen Helligkeitsanstiegen, die diese Sonne auch für das bloße Auge sichtbar machen können. Zuletzt hatte die Nova in den Jahren 1866 und 1946 größere Ausbrüche, bei denen sie 2. und 3. Größe erreichte, zwei schwächere folgten 1963 und 1975.

Halten Sie die Augen offen für das wechselnde Lichtspiel dieser Kronjuwelen. Denn jederzeit ist die nächste Überraschung möglich!

>> Lambert Spix

Der helle Arktur zieht die Blicke auf sich. Dabei gibt es in der nahen Krone Interessantes zu entdecken.

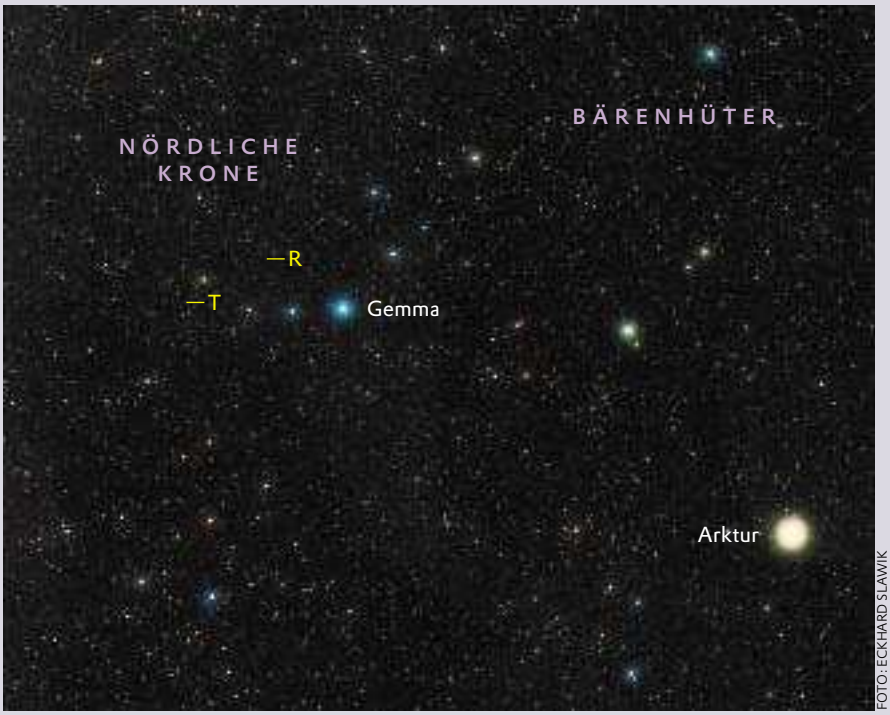


FOTO: ECKHARD SLAWIK

ASTRONOMIE HEUTE

PRÄMIERTES WISSEN

Gewinnen Sie einen neuen Leser für ein Jahresabonnement von ASTRONOMIE HEUTE – und sichern Sie sich eine attraktive Dankesprämie nach Ihrer Wahl!

128 MB USB 1.1 Stick Silver mit Verlängerungskabel und Trageband (ab Win 98)

Universalgutschein BestChoice über 30 €, einlösbar bei bis zu 100 Anbietern. Umtausch gegen Bargeld ist ausgeschlossen.

Himmelsset für den Hobbyastronomen mit Sternkartenbuch, Sternführer, drehbarer Sternkarte und Rotlicht-Taschenlampe

Jahresabo spektrum**direkt.** Die tägliche Wissenschaftszeitung im Internet mit über 12 000 Archivartikeln und vielen Links

Bestellen können Sie unter der Verlagsadresse, per Telefon: 06221 9126-743, per Fax: 06221 9126-751 oder unter:

www.astronomie-heute.de/abo

S&T / AH, ARTBITE

WANN

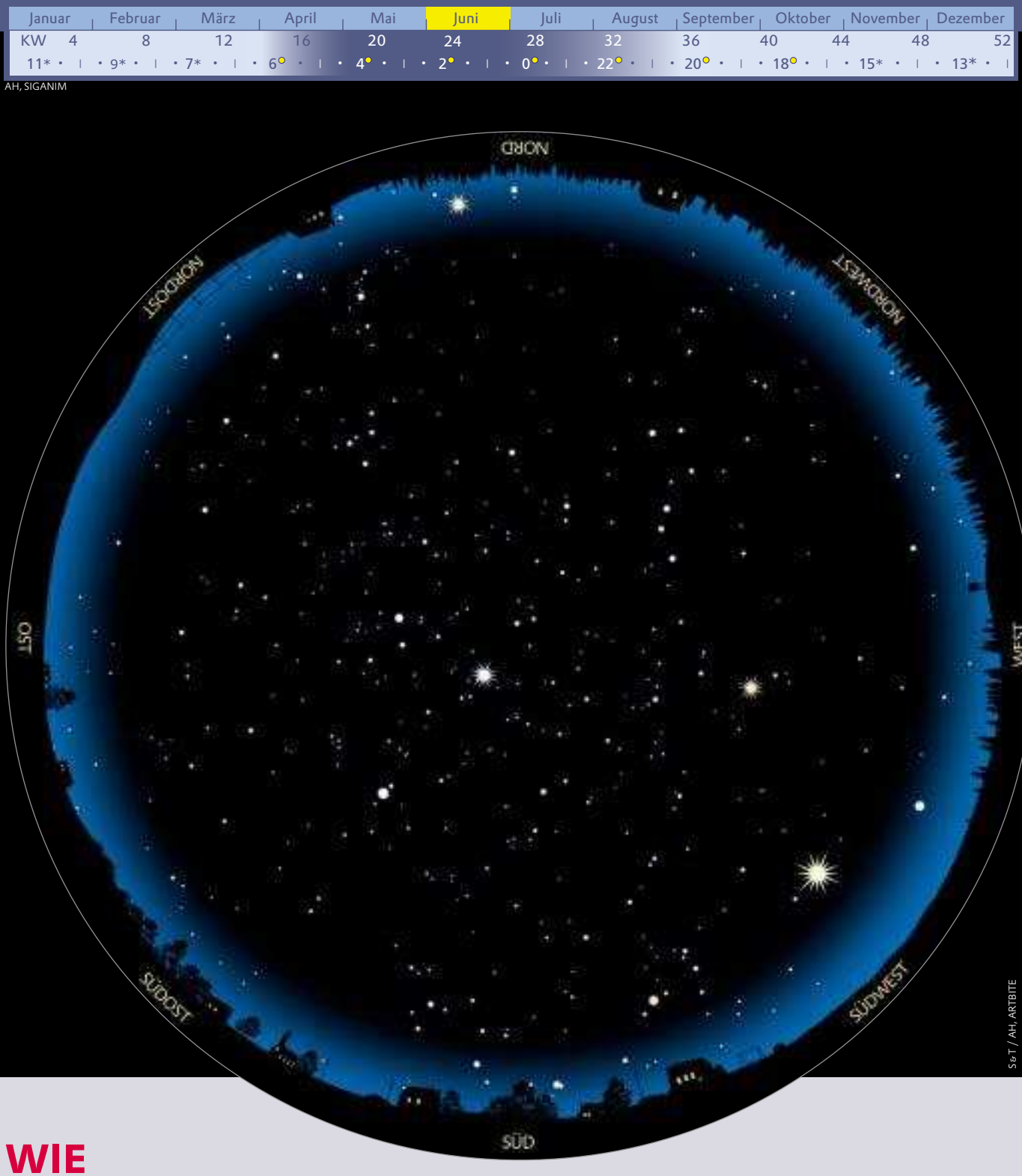
Der Zeitleiste (oben rechts) können Sie die Gültigkeit der Sternkarten entnehmen. Wählen Sie das Datum anhand des Monats oder der Kalenderwoche (KW) und lesen Sie direkt darunter die zugehörige Uhrzeit ab. Beispiele:

Mai, zweite Hälfte:	**3 Uhr**°
Juni, zweite Hälfte:	**1 Uhr**°
Juli, zweite Hälfte:	**23 Uhr**°

*Mitteleuropäische Zeit (MEZ, UT+1)
°Sommerzeit (MESZ, UT+2)

S&T

–1.
0.
1.
2.
3.
4.
5. Größenklasse



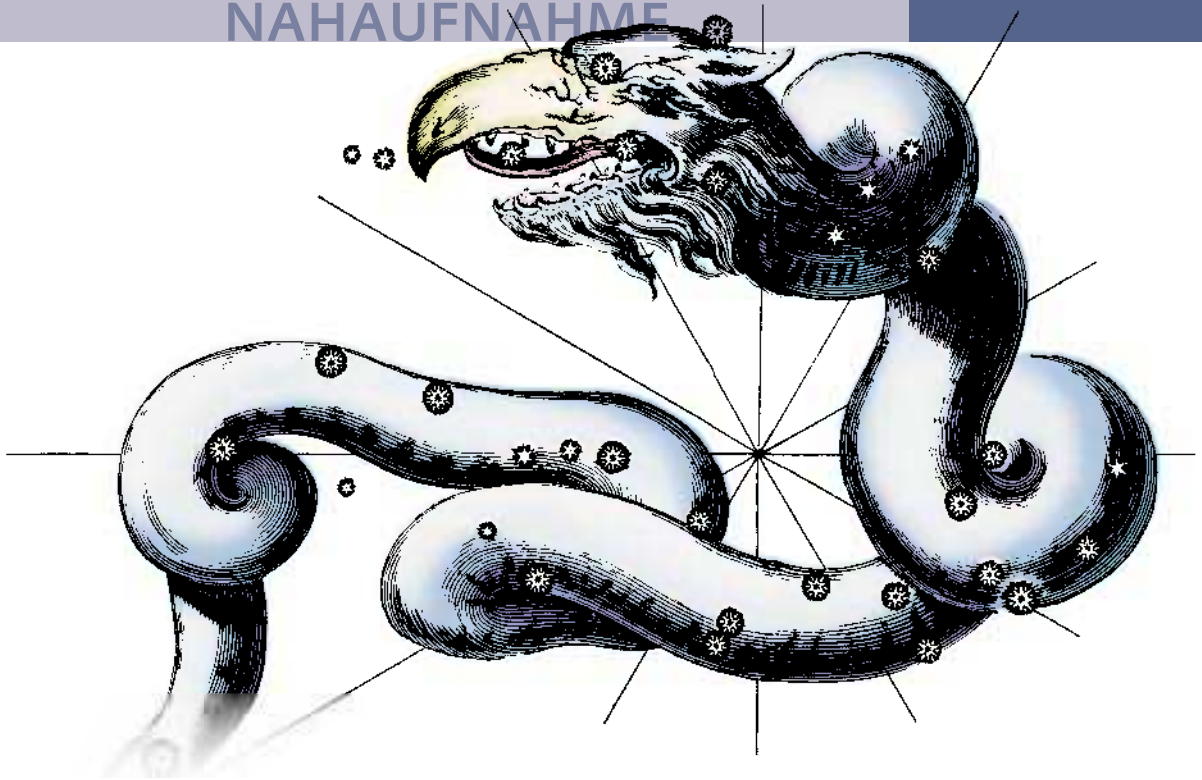
WIE

Auf den Sternkarten sehen Sie den Himmelsausschnitt, der sich Ihnen zu den in der Leiste (ganz oben) angegebenen Uhrzeiten präsentiert. Die Schwarz-Weiß-Karte (links) verzeichnet die wichtigsten Sternbilder, Namen der hellen Sterne und Fotos oder Detailkarten in diesem Heft. Die Nachthimmelkarte (oben) entspricht dann dem, was Sie unter freiem Himmel sehen.

Zur Orientierung halten Sie die Karten vor sich, und zwar so, dass der Rand mit der Himmelsrichtung, in die Sie schauen, zum Boden zeigt. Die Sterne am Rand der Karte stehen direkt über dem Horizont. Die im Zentrum der Karte dargestellten Sterne befinden sich genau über Ihnen – im Zenit.

Beispiel: Jupiter steht tief im Südwesten und sticht an Helligkeit alles andere aus. Der Kopf des Drachen (S. 44) steht gerade im Zenit. Hoch im Südosten driftet das Sommerdreieck aus Wega, Atair und Deneb. Von dunklen Plätzen aus können Sie hier die Milchstraße sehen, mit etwas Glück sogar ihre Teilung, den Cygnus-Spalt, der sich zwischen den Sternbildern Schütze und Skorpion hindurch bis zum Südhorizont zieht.

Die Karten sind für fünfzig Grad nördliche Breite berechnet, das entspricht in etwa der Linie Luxemburg – Frankfurt am Main – Prag. Beobachter in Alpennähe sehen die Sterne im Süden etwas höher über dem Horizont und die im Norden etwas niedriger. In Norddeutschland ist es genau umgekehrt.



AUS: JOHANNES HEVELIUS, FIRMAMENTUM SOBIESCIANUM, 1690

Draco, der Drache

Als Schlange, Lindwurm oder geflügelter Drache wurde das Sternbild auf alten Karten dargestellt.

Ein sehr altes, aber unauffälliges Sternbild schlängelt sich um den Himmelsnordpol und lauert unvorsichtigen Beobachtern auf.

>> Tony Flanders

Am Himmel wimmelt es von Schlangen. Natürlich sind es keine echten wie Pythons oder Nattern. Die Rede ist von drei schlangenförmigen Sternbildern, die im Lauf des Jahres sichtbar sind: Schlange, Wasserschlange und Drache.

Serpens, die Schlange, steht zurzeit hoch im Süden, während die Wasserschlange Hydra erst im Winter wieder über den Horizont steigt. Mein persönlicher Favorit Draco, der Drache windet sich am Nordhimmel um den Kleinen Wagen und ist das ganze Jahr über sichtbar.

Diese drei Sternbilder zeugen von der erstaunlichen Fähigkeit des menschlichen Gehirns, sogar dort komplexe Strukturen zu sehen, wo eigentlich nur Chaos herrscht. Mit einer kleinen Gruppe von Sonnen als Kopf und einer Kette aus unregelmäßig angeordneten Sternen als Hinterleib haben Serpens, Hydra und Draco eine ähnliche Grundform. Dieses Muster könnte man aber wahrscheinlich in jedem Meer aus zufällig angeordneten Lichtpunkten erkennen. Deshalb sticht einem der Drache auch nicht gleich ins Auge. Besonders bei Lichtverschmutzung ist er schlecht zu erkennen, da die meisten seiner Sterne nur mit 3. und 4. Größe leuchten. Wenn man ihn aber einmal entdeckt hat, ist er beim nächsten Mal leicht zu finden – seine Form hebt sich elegant von der Leere zwischen den anderen, auffälligeren Sternbildern des Nordhimmels ab.

Zwischen den Bären

Dracos Schwanzspitze wird durch den schwachen Stern Gianfar gebildet und liegt rechts unterhalb von Dubhe, dem Stern am hinteren Ende des Großen Wagens. Der Drache schlängelt sich weiter zu Thuban, einem mäßig hellen Stern von historischer Bedeutung: Heute markiert der Polarstern im Kleinen Bär den Himmelsnordpol – jede Nacht steht er am selben Ort, fast exakt im Norden. Die anderen Sterne am Himmel umkreisen den Pol und damit auch den Polarstern. Zu Beginn der menschlichen Zivilisation, als die Astronomie zur Wissenschaft wurde, war jedoch Thuban der Stern, um den sich alles drehte. Da die Erdachse im Lauf der Jahrtausende eine Taumelbewegung beschreibt, verschieben sich die Himmelspole langsam, sodass immer wieder andere Sterne die Rolle des Polarsterns übernehmen (AH 9/2005, S. 30).

Von diesem einst bedeutenden Stern aus windet sich der Drachenkörper um das Zentrum des Kleinen Wagens, bevor er sich wieder zurück in die ursprüngliche Richtung schlängelt. Je weiter man sich dem Kopf der Schlange nähert, desto heller werden die Sterne. Schließlich schaut man dem Drachen direkt in die Augen – die hellen Sterne Rastaban und Etamin funkeln einem entgegen.

Häufig stoße ich beim Beobachten versehentlich auf Dracos Kopf, wenn ich gerade nach dem nahe gelegenen Her-

Seine mächtigen Flügel besitzt der Drache heute nur noch in der Kunst. Am Himmel bilden sie seit etwa 600 v. Chr. den Kleinen Wagen.

S&T / AH

Zwischen den Wagen schlängelt sich der lange, gewundene Körper des Drachen hindurch.

kules mit dem fantastischen Kugelsternhaufen M 13 suche. Sein Körper wird von vier Sternen gebildet, die im englischen Sprachraum auch »Keystone« genannt werden, da ihre regelmäßige Form dem Schlussstein eines gemauerten Gewölbebogens ähnelt. Obwohl der Drachenkopf fast die gleiche Form hat, ist er leicht von diesem zu unterscheiden, da er nur halb so groß ist. Außerdem sticht er schon wegen Rastaban und Etamin hervor – die beiden Sterne leuchten etwas heller als die des Herkules.

Dass die beiden Sternbilder so nahe beieinander stehen, mag in die Mythen eingeflossen sein, die sich seit der griechischen Antike um Draco ranken. Damals sah man in dem Sternbild den Drachen Ladon, der die goldenen Äpfel der Hesperiden bewacht. Der Baum, der diese Äpfel trug, war der Sage nach das Hochzeitsgeschenk von Mutter Erde an Hera, die Königin der Götter, als diese sich mit Zeus vermählte. Er stand in einem prachtvollen Garten, gehegt von den Töchtern des Atlas – den Hesperiden. Der mehrköpfige Drache Ladon schlief nie und bewachte den Baum rund um die Uhr, bis er von Herkules getötet wurde, der einige der goldenen Äpfel holen sollte – die elfte der zwölf Aufgaben, die er bewältigen musste. Nach dem Tod des Drachen gewährte Hera ihm einen letzten Ruheplatz am Himmel als Anerkennung für seine ehrenhafte Arbeit über mehrere Jahrhunderte hindurch. »Das zeigt sich darin, dass oberhalb des Drachen das Ebenbild von Herkules steht«, schrieb der römische Gelehrte Hyginus vor etwa zweitausend Jahren.

Er erwähnte außerdem eine andere Geschichte, die Draco zu einer viel größeren und mysteriöseren Gestalt erhebt: Zu Anbeginn der Zeit waren die griechischen Götter nicht die Herrscher über das Universum. Wie sollten sie auch? Sie waren noch nicht einmal geboren. Die ersten Wesen waren Mutter Erde und Vater Himmel.

Kampf der Titanen

Deren Kinder, die Titanen, stürzten den Himmelsvater und machten sich am Firmament breit. Sie wiederum wurden von ihren eigenen Kindern verdrängt, den griechischen Göttern. Aber die Titanen gaben sich nicht kampflos geschlagen. In ihrem Zwist mit den Göttern holten sie sich grässliche Monster zu Hilfe. Als die Schlacht auf ihrem Höhepunkt war, griff eines davon – der Drache Draco – Athene an, die Göttin der Weisheit und des Krieges. Sie packte den Drachen am Schwanz und schleuderte ihn gegen das Himmelsdach, wo er seither zu sehen ist.

BOB EGGLETON

Viele Historiker meinen, dass diese Geschichte einem viel älteren Schöpfungsmythos folgt, aus einer Zeit, »als droben der Himmel noch nicht benannt war«. In Mesopotamien, dem Zweistromland zwischen Euphrat und Tigris, lag einst Babylonien, auf dem Gebiet des heutigen Irak. Dort entstand der Schöpfungsmythos »Enuma Elisch«. Der Name ist altbabylonisch und entspricht den ersten Worten des Mythos – sie bedeuten »Als droben der Himmel«.

Dieser Sage nach war die Welt in einen Krieg verwickelt zwischen Tiamat, der Göttin des ursprünglichen Chaos, und den jüngeren Göttern, ihren Kindern, die von dem Helden Marduk angeführt wurden. Tiamat zeugte eine ganze Brut von Monstern, die ihr im Kampf beistehen sollten. Sie selbst nahm für die Schlacht die Gestalt eines riesigen Drachen an. Aber nach einem erbitterten Kampf streckte Marduk Tiamat nieder und zerriss sie der Länge nach. Aus ihren beiden Körperhälften soll er schließlich die Erde und den Himmel geformt haben.

Das Sternbild Draco ist weder riesig groß noch besonders hell. Es ist auch nicht so Furcht einflößend wie Tiamat. Aber der Drache füllt eine Lücke, die an einer auffälligen Stelle am Himmel klafft. Wenn Sie das nächste Mal zu dem vertrauten Fuhrpark aus Großem und Kleinem Wagen aufblicken, nehmen Sie sich einen Moment Zeit für den Drachen, der sich zwischen ihnen hindurchwindet. <<

Tony Flanders hat ein Herz für Drachen – vor allem, wenn sie am Himmel stehen.

Kosmischer Whirlpool

Unter der Deichsel des Großen Wagens versteckt sich eine faszinierende Doppelgalaxie, die zu den Lieblingsobjekten vieler Hobbyastronomen gehört. **>> Ken Hewitt-White**

Schauen Sie direkt nach oben. In den späten Frühlingsnächten wartet eine Kostbarkeit fast genau über Ihnen auf Sie und Ihr Teleskop. Die Rede ist von der Whirlpool-Galaxie, einem der schönsten Spiralnebel am gesamten Himmel. Wie unsere Milchstraße ist auch sie ein langsam rotierendes, scheibenförmiges Sternsystem mit Milliarden von Sonnen, die durch die Schwerkraft zusammengehalten werden.

Die charakteristische Spiralstruktur der Whirlpool-Galaxie beherrscht das Bild auf der gegenüberliegenden Seite. Viele Gasnebel und dicke Staubbänder konzentrieren sich in den Spiralarmen, die sich um den Zentralbereich winden. Eine zweite, viel kleinere Galaxie ist obrhalb von ihr zu sehen. Sind die beiden miteinander verbunden? Das wird später verraten.

Als eigenständige Galaxie liegt der Whirlpool weit außerhalb unserer eigenen Milchstraße. Doch wie weit außerhalb? Moderne Messungen ergeben eine Entfernung von 27 Millionen Lichtjahren. Zum Vergleich: Der Andromedanebel M31 (AH 11/2005, S. 44) ist nur rund ein Zehntel dieser Strecke entfernt. Heute wissen wir, dass unzählige Galaxien das Universum bevölkern, die erheblich weiter entfernt sind als die Whirlpool-Galaxie. Bis vor ungefähr achtzig Jahren hatten die Astronomen jedoch keinen stichhaltigen Beweis dafür, dass irgendetwas jenseits der Milchstraße existieren könnte.

Am 13. Oktober 1773 entdeckte der französische Kometenjäger Charles Messier die Whirlpool-Galaxie. Wie viele andere Objekte, die er aufspürte, sah auch sie wie ein Komet aus, bewegte sich aber nicht. Stattdessen verharrte sie in Bezug auf die Sterne am selben Ort. Messier veröffentlichte eine Liste, die diese Art von Objekten enthielt, damit andere Beobachter sie nicht fälschlicherweise für Kometen hielten.

Die Entdeckung der Spiralnebel

Auf den ersten Blick sahen die meisten Objekte für ihn wie Wolken aus Licht oder Nebel aus. Bei genauerem Hinsehen oder in größeren Teleskopen entpuppten sich einige aber als Haufen von Sternen. Der 51. Eintrag in seinem Katalog ist besonders merkwürdig. Messier schrieb dazu: »Es ist doppelt: Beide Teile haben helle Zentren. Die zwei Atmosphären sind in Kontakt. Die eine ist viel schwächer als die andere.« Wie passte Messier 51 oder kurz M51 in das kosmische System der Dinge hinein?

Der englische Astronom John Herschel hatte einen Verdacht. Im Jahr 1830 untersuchte er M51 mit Hilfe eines Teleskops, das einen Hauptspiegel mit einem Durchmesser von 18 Zoll (46 Zentimeter) hatte und damit zu den weltweit größten Teleskopen der damaligen Zeit gehörte. Für ihn sah der größere der beiden Nebel aus wie »ein sehr heller, runder Kern, der von einem leuchtenden Ring umgeben war«. Diese Beobachtung brachte ihn völlig aus dem Häuschen. Der »leuchtende Ring« erinnerte ihn an das Band der Milchstraße, das sich über den Nachthimmel wölbt. Darüber spekulierend, ob M51 eine weitere Galaxie sein könnte, schrieb er: »Wenn wir annehmen, dass es aus Sternen besteht, könnte es sich dann um ein Schwestersystem handeln, das eine echte physikalische Ähnlichkeit und eine starke Übereinstimmung bezüglich der Struktur mit unserem eigenen aufweist?«

Der irische Lord William Parsons, dritter Earl of Rosse, nahm sich der quälenden Frage Herschels mit Begeisterung an. Im Jahr 1845 beendete der Lord den Bau eines 72-Zoll-Spiegels (1,8 Meter, siehe AH 10/2004, S. 23, Zeichnung unten rechts). Dieser Reflektor war das bei Weitem größte Instrument, das damals benutzt wurde. Mit diesem so genannten Leviathan entdeckte er die Spiralstruktur von M51. Rosse konnte die wolkenartigen Windungen nicht in einzelne Sterne >

Die Entdeckung von M51 mit immer besseren Teleskopen. Messier hinterließ selbst keine Zeichnung. Die linke Skizze basiert auf seiner Beschreibung und auf Beobachtungen mit vergleichbaren Geräten.

Charles Messier, 3½-Zoll-Linsenteleskop (9 Zentimeter)

John Herschel, 18-Zoll-Spiegelteleskop (46 Zentimeter)

Lord Rosse, 72-Zoll-Spiegelteleskop (183 Zentimeter)

S&T / TONY FLANDERS

BEIDE ABBILDUNGEN AUS: GEORGE F. CHAMBERS, HANDBOOK OF ASTRONOMY, 4. AUFL., 1890

Der kleine Begleiter, die Galaxie NGC 5195, hat die Form der größeren Galaxie M 51 beeinflusst. Ein schwacher Arm der Whirlpool-Galaxie scheint zu ihrem Nachbar hinüberzureichen. Aber dieser kosmische Schulterschluss ist nur eine Illusion. Die beiden Spiralgalaxien trennten sich bereits vor etwa 280 Millionen Jahren.

JAVIER MENDEZ, ING / NIK SZYMANEK

NASA AND THE HUBBLE HERITAGE TEAM

Die dunklen Streifen im Zentralbereich von M51, die im spitzen Winkel in Richtung der Hauptarme deuten, sind möglicherweise Reste einer Spiralstruktur aus der Zeit vor der Begegnung der beiden Galaxien.

> auflösen. Aber seine Beobachtungen schürten die Debatte über M51 und die anderen von ihm gefundenen »Spiralnebel«. Ironischerweise gebrauchten später einige Wissenschaftler die Spiralstruktur als Argument dafür, dass die nebeligen Feuerräder keine Galaxien seien, die aus Sternen bestünden. Vielmehr handle es sich um Wirbel aus verdichtetem Gas innerhalb unserer eigenen Galaxie, die im Begriff seien, Sonnensysteme zu bilden.

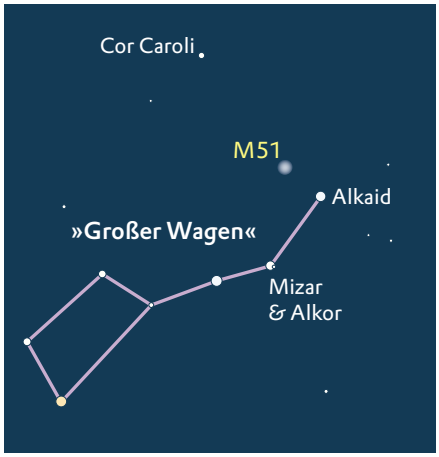
Welteninseln

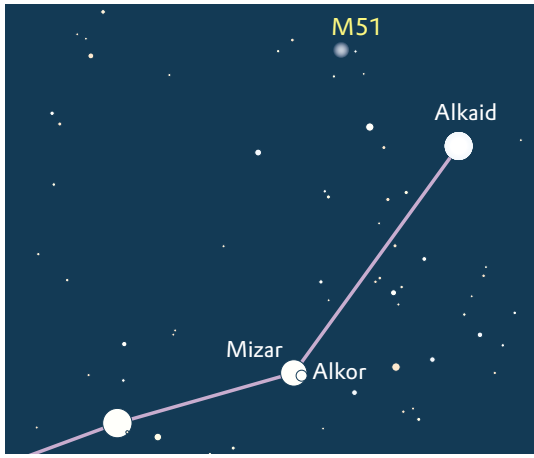
Diese Kontroverse dauerte jahrzehntelang an. Die wahre Natur der Spiralnebel wurde erst in den 1920er Jahren endgültig geklärt, als der amerikanische Astronom Edwin Hubble begann, mit dem neuen Hundert-Zoll-Spiegelteleskop (2,54 Meter) am Mount-Wilson-Observatorium in Kalifornien zu arbeiten. Hubble setzte fotografische Techniken ein, um die Entfernungen von Sternen zu messen, die in einigen Nebeln eingebettet waren. Diese Sterne konnten mit kleineren Instrumenten nicht beobachtet werden. Seine Ergebnisse bewiesen, dass die untersuchten Nebel, M51 eingeschlossen, Galaxien weit außerhalb der Milchstraße waren.

Entsprechend seinem Listenplatz im »New General Catalogue« ist M51 auch als NGC5194 bekannt. Dieser Katalog umfasst rund achttausend Deep-Sky-Objekte und wurde 1888 veröffentlicht. Der irreguläre Begleiter der Whirlpool-Galaxie ist NGC5195. Wie bereits erwähnt, scheinen die beiden miteinander verbunden zu sein. Wenn man jedoch das Foto auf S. 47 genau betrachtet, stellt man fest, dass der nur schwach ausgeprägte Spiralarm von M51, der zur kleinen Nachbargalaxie hinüberreicht, sich vor dieser als Silhouette abhebt. Daher muss NGC5195 hinter M51 liegen. Die genaue Entfernung ist aber noch unbekannt.

Die Astronomen wissen auf Grund von sorgfältigen Messungen jedoch, dass sich die beiden Galaxien mit mehr als 480000 Kilometer pro Stunde voneinander wegbewegen und daher früher einmal viel näher beisammen waren. Tatsächlich zogen sie vor langer Zeit im Lauf von Millionen von Jahren im Zeitlupentempo aneinander vorbei. Computersimulationen zeigen, dass sich ihre Gravitationsfelder während dieses Vorgangs ineinander verflochten, was zu dramatischen Veränderungen in beiden Galaxien führte (Bilder S. 49).

Diese nahe Begegnung wirft faszinierende Fragen bezüglich der Entstehung der Whirlpool-Galaxie auf. Eine Hypothese besagt, dass die Spiralform von M51 entstand, als NGC5195 sie passierte. Eine andere Theorie behauptet, dass die Spiralarme bereits vor der Wechselwirkung der beiden Galaxien vorhanden waren. Die neueste Sichtweise verbindet diese Ideen miteinander. Vielleicht besaß M51 ursprünglich eine kompaktere Spiralstruktur. Als NGC5195 sich wieder von M51 entfernte, zog sie auf Grund ihrer Schwerkraft gegenüberliegende, aus Sternen bestehende Filamente aus der größeren Galaxie heraus. Als Folge entwickelte M51 die neuen, ausgedehnten Spiralarme, die wir heute sehen. Dem unglückseligen Begleiter erging es wesentlich schlechter: Er büßte alle Arme ein, die er früher einmal besessen hatte.





BEIDE BILDER: S&T / AH

Mit Alkaid und Mizar, den beiden Sternen am Ende der Deichsel des Großen Wagens, bildet die Whirlpool-Galaxie ein rechtwinkliges Dreieck. Bei dunklem Himmel sollte sie als schwaches Fleckchen sichtbar sein.

PATRICK DURREL, PSU

Tödlicher Tango Diese Computersimulatiion von Patrick Durrell und vier Kollegen an der Pennsylvania State University stellt die Begegnung von M 51 mit ihrem kleineren Begleiter NGC 5195 grafisch dar.

An der Pennsylvania State University untersuchte vor Kurzem ein Team unter der Leitung des Astronomen Patrick Durrell die Bewegung von drei Dutzend Planetarischer Nebel in M 51. Solche Objekte sind Hüllen aus Gas, die von einem sterbenden Stern abgestoßen wurden. Durrells Beobachtungen zeigten, dass die Nebel zu zwei unterschiedlichen Gruppen gehören, die jeweils mit einer der beiden Galaxien in Verbindung stehen. Daraufhin verfeinerten Durrell und seine Mitarbeiter ihre Computersimulation weiter. Nach dem neuen Modell (Bilder rechts) begegneten sich die beiden Galaxien nur einmal vor ungefähr 280 Millionen Jahren, vermutlich werden sie nie wieder miteinander in Wechselwirkung treten. Aber noch stimmen nicht alle Astronomen dieser Schlussfolgerung zu. Der Ursprung und die Zukunft der Whirlpool-Galaxie sind weiterhin Gegenstand der Forschung.

Ein Whirlpool in Ihrem Teleskop

Möchten Sie M 51 mit Ihrem Teleskop ausfindig machen? Mit der Karte auf S. 47 oder der Beschreibung im Feldstechertipp aus AH 5/2006, S. 40, sollte das kein Problem sein. Suchen Sie sich eine klare Nacht aus, in der der Mond den Himmel nicht erhellt, und warten Sie mit dem Blick in das Okular mindestens zwanzig Minuten, bis sich Ihre Augen an die Dunkelheit gewöhnt haben. M 51 bietet allerdings keinen glanzvollen Anblick – besonders dann nicht, wenn Ihr Beobachtungsplatz in einer Stadt mit einem ordentlichen Maß an Lichtverschmutzung liegt. Für eine Galaxie ist M 51 zwar relativ hell, aber im Vergleich zu den bekanntesten Nebeln und Haufen in der Milchstraße ist sie dennoch klein und lichtschwach.

Die Spiralarme sind nur schwer zu erkennen, da sie sich im Bereich des vage schimmernden, diffusen Halo von M 51 befinden. Wenn ich mit meinem 4½-Zoll-Spiegelteleskop (11,4 Zentimeter) von meinem Garten aus beobachte (er liegt in einer Stadt mit 60 000 Einwohnern), sehe ich nur nebeneinander liegende flaumige Kugeln – die winzigen Kerne der beiden Galaxien. Mit einem größeren Teleskop oder weniger Licht in der Umgebung ist M 51 deutlich besser zu sehen. Bereits mit einem kleinen Teleskop an einem dunklen Ort können Sie mehr erkennen als Messier, der nicht mehr wahrnahm als zwei helle, in geisterhafte Halos eingehüllten Kerne, die sich gerade berühren.

Wenn die schwach leuchtenden äußeren Gebiete der Galaxien sichtbar sind, können Sie dort nach ein oder zwei helleren Flecken Ausschau halten, die die Spiralstruktur andeuten. Um diese feinen Strukturen entdecken zu können, muss man die richtige Vergrößerung verwenden. Wenn sie zu klein gewählt ist, erscheint die Galaxie nicht groß genug, um Details erkennen zu lassen. Falls zu hoch vergrößert wird, verteilt sich das wenige schwache Licht so sehr, dass der Halo nicht mehr auszumachen ist. 50- bis 125fache Vergrößerungen sind empfehlenswert in Verbindung mit Teleskopen, die Öffnungen (Hauptspiegel oder Objektivlinsen) von drei bis sechs Zoll haben. Bei der Beobachtung kann auch indirektes Sehen helfen: Dabei blicken Sie nicht direkt auf das Objekt, sondern leicht daran vorbei.

Was ist mit größeren Optiken? Mein Kollege David Rodger beobachtet mit einem 9¼-Zoll-Teleskop (23,5 Zentimeter) in einer Stadt mit einer Million Einwohner. In den besten Beobachtungsnächten beschreibt er den Halo von M 51 als »ein komplexes, irreguläres Leuchten«. Dies ist ein Zeichen dafür, dass die Spiralarme fast in Reichweite seines Instruments liegen. Von zu Hause aus erreiche ich mit meinem Zehn-Zoll-Spiegelteleskop (25,4 Zentimeter) ein ähnliches Ergebnis. Bei 150- bis 200facher Vergrößerung kann ich ein Paar schwacher, verschwommener Bögen herauskitzeln, kurze Teilstücke der Spiralarme. Für ernsthafte Beobachtungen packe ich jedoch meine Ausrüstung zusammen und fahre aus der Stadt heraus. Dort, weit weg vom grellen Schein der Lichter, nehmen die zierlichen Spiralen der Whirlpool-Galaxie in meinem Fernrohr schließlich Gestalt an.

Zugegeben – es kann sehr anstrengend sein, die Sache so weit zu treiben, dass die Arme sichtbar werden. Allerdings sind Galaxien im Teleskop niemals besonders auffällig. Wenn M 51 mehr wie eine Haarsträhne und weniger wie ein Wirbel aussieht, dann bedenken Sie, dass diese Galaxie so weit entfernt ist, dass selbst ihr Licht 27 Millionen Jahre benötigt, um bis zur Erde zu gelangen. Das schwache Bild besteht aus Lichtteilchen, die M 51 schon lange verlassen hatten, bevor es Menschen auf der Erde gab. Der Gewinn beim Betrachten dieser erstaunlichen Galaxie ist nicht so sehr das, was Sie mit Ihren Augen entdecken, sondern das, was Sie mit Ihrem Geist wahrnehmen. <<

Der kanadische Sterngucker **Ken Hewitt-White** beobachtet M 51 von der Umgebung seines Wohnorts in British Columbia aus.

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

Lems Roman »Solaris« erzählt von einem Planeten, dessen Rätsel den Menschen verschlossen bleiben. Szene aus der amerikanischen Verfilmung

CINETEXT BILDARCHIV (AUS: SOLARIS, 2002)

Wanderer zwischen den Welten

Am 27. März starb der polnische Philosoph und Schriftsteller Stanislaw Lem im Alter von 84 Jahren. **>> Frank Schubert**

Mein erstes Buch von Stanislaw Lem bekam ich als Kind geschenkt. Es waren seine »Sterntagebücher« – jene berühmte Geschichtensammlung aus dem Leben des fiktiven Weltraumreisenden Ijon Tichy. Auf dem Einband prangte eine Malerei, die ein bärtiges Fantasiewesen mit Schwanz und langem Hals zeigte. Wohl weil mir diese Zeichnung nicht richtig gefiel, stand das Buch lange Zeit ungelesen in meinem Regal.

Irgendwann begann ich aber doch darin zu blättern. Schon bei den ersten Zeilen merkte ich, dass hier eine ganz eigenartige Gedankenwelt niedergelegt worden war, voll von seltsamen Automaten und bizarren Lebewesen, Elektronenhirnen und Zeitreisenden, galaktischen Bürokraten und verrückten Wissenschaftlern. Das Ganze durchweg spannend erzählt und toll geschrieben.

In einer der Geschichten muss Ijon Tichy sein Raumschiff reparieren, weil es von einem Meteor getroffen wurde. Bei dem Versuch, die Reservesteuerung anzuschrauben, gleitet ihm der Schraubenschlüssel aus der Hand, fliegt in den Weltraum und umkreist das Raumschiff fortan als künstlicher Satellit. Währenddessen verbrennt in der Bordküche seine beste Portion Rindsfilet.

Alltagsprobleme im All

»Obendrein«, lässt Lem Tichy schildern, »verblieb das über Bord geworfene Rindfleisch, statt in die Ferne zu fliegen, in der Nähe der Rakete und kreiste um sie herum wie ein zweiter künstlicher Satellit, wobei es regelmäßig alle elf Minuten und vier Sekunden eine kurze Sonnenfinsternis bewirkte. Um meine Nerven zu beruhigen, berechnete ich bis zum Abend die Elemente seiner Bewegung sowie die Störungen der Umlaufbahn, die durch das Kreisen des Schlüssels entstehen würden. Ich gelangte zu dem Ergebnis, dass in den nächsten sechs Millionen Jahren das Rindfleisch dem Schlüssel auf einer Kreisbahn vorauseilen würde, um ihn dann zu überholen.«

Lem konnte unglaublich komisch sein, wenn er wollte. Seine Bücher sind häufig durchdrungen von ironischem Witz und pointierten Sprachspielereien. Aber das ist nur eine von vielen Seiten an ihm. Jenseits der komischen Ebene (sofern er sie genutzt hat) sind seine Texte sehr tiefgründig, vielschichtig und nachdenklich, zuweilen sogar düster.

Oft wird Lem als Sciencefictionautor bezeichnet. Das stimmt insofern, als er die wissenschaftlich-technische Entwicklung seiner Zeit aufmerksam verfolgte und ihre möglichen Folgeerscheinungen durchspielte. Dabei entwickelte er eine erstaunliche visionäre Kraft, nahm die Entwicklung der Gen- und Nanotechnik vorweg, sah das Internet und die virtuelle Realität voraus. Noch im hohen Alter las er stapelweise naturwissenschaftliche Magazine.

Doch seine Bücher gehen über die Fiktion weit hinaus. Lem verarbeitete die Wirklichkeit in einem schwer durchschaubaren, komplexen Denkprozess und entwickelte daraus ein eigenwilliges, sehr fassettenreiches schriftstellerisches Werk. Seine Texte sind durchzogen von philosophischen Reflexionen, häufig setzte er sich mit den möglichen gesellschaftlichen Folgen des Fortschritts auseinander. Dabei ging er auch auf problematische Aspekte ein – etwa die Auswirkungen genetischer Manipulation oder den Wahnsinn unkontrollierten Forscherdrangs.

Außerhalb aller Schubladen

Obwohl die Sciencefiction bei Lem lange Zeit eine wichtige Rolle spielte (später distanzierte er sich von ihr), kann man ihn nicht eindeutig auf ein Genre festlegen. Vielmehr bewegte er sich am Schnittpunkt von Wissenschaft, Philosophie, Fiktion und moderner Literatur. Das machte seine Texte, wie die »Frankfurter Rundschau« treffend schrieb, zu einer Herausforderung für all diejenigen, die nur eine Seite haben wollten und mit den anderen nichts anzufangen wussten.

Eine seiner herausragenden Fähigkeiten bestand darin, Dinge von ungewohnter Seite zu beleuchten. In seinem Roman »Eden« landen Raumfahrer auf einem fernen Planeten mit intelligenten Bewohnern. Die Reisenden versuchen Kontakt aufzunehmen, doch das erweist sich als unmöglich. Sie wissen weder das Verhalten der Außerirdischen zu interpretieren noch sich ausreichend mit ihnen zu verständigen, durchschauen deren Gesellschaftsstruktur und Technologie nicht. Am Ende werden sie angegriffen und fliehen. Menschen und Aliens scheitern in »Eden« aneinander, weil sie keine gemeinsame Kommunikationsebene finden.

Der wohl berühmteste Roman von Stanislaw Lem ist »Solaris«. Darin erkunden Forscher den Planeten Solaris, der von einem Ozean bedeckt ist. Bald geschehen auf der Forschungsstation befremdliche Dinge: Die Wissenschaftler werden von Menschen besucht, von denen einige längst tot sind. Der Ozean – eine Art riesiges Lebewesen – scheint dahinterzustecken, indem er auf rätselhafte Weise die Erinnerungen der Forscher materialisiert.

Von der Geschichte gibt es zwei Verfilmungen, eine russische und eine amerikanische. In einer Szene der US-Fassung fragt die Hauptfigur einen Freund, warum Solaris den Forschern Besucher schicke – was er damit wolle. Der Freund antwortet: »Warum bist du der Meinung, er müsste etwas wollen?« Es ist eine der wichtigsten Fragen des Solaris-Stoffs, vielleicht die Schlüsselfrage überhaupt. Den Wissenschaftlern im Roman gelingt es letztlich nicht, Solaris' Wesen zu erkennen.

Lems Talent, Dinge treffend auszudrücken, zeigte sich auch in vielen Interviews. Einmal sagte er: »Ich bin für das empirische Weltbild, was aber nicht bedeutet, dass der Mensch so gebaut ist, dass er alles verstehen muss. Es gibt Dinge in der Quantenwelt, die wir überhaupt nicht begreifen.« Gefragt, ob die Menschen nicht dafür geschaffen seien, antwortete Lem: »So ist es. Wir verstehen etwas von gutem Essen, auch ein Auto lässt sich noch verstehen. Aber die Theorie der Antimaterie ist dermaßen kompliziert, dass sie nur noch wenigen wirklich Freude macht.«

Späte Resignation

Am Ende seines Lebens wurde Lem zunehmend pessimistisch und zog sich immer mehr zurück. Er fluchte über den US-Präsidenten George W. Bush, schimpfte über seine Heimat Polen und über den Informationsmüll im Internet. Der Erde prognostizierte er eine düstere Zukunft, sah unweigerlich einen Atomkrieg heraufziehen und bescheinigte dem überwiegenden Teil der Menschheit geistige Unterentwicklung. In seinen letzten Interviews ließ er seinem Frust über die Welt freien Lauf.

War er zu einem verbitterten alten Mann geworden? Oder hatte er einfach keine Lust mehr, Kompromisse einzugehen? Ich weiß es nicht. Eines aber ist sicher: Der Lem, der mir in Erinnerung bleiben wird, war ein beeindruckender Denker und Visionär, ein großartiger Erzähler und begnadeter Schreiber – witzig, nachdenklich, düster, skeptisch, treffsicher, irritierend, rätselhaft und symphatisch. Ein äußerst ungewöhnlicher Autor. <<

Frank Schubert ist Wissenschaftsjournalist und ständiger Mitarbeiter von AH.

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

DPA

Stanislaw Lem – Leben und Schaffen

1921 am 12. September im damals polnischen Lemberg geboren
1939 Beginn eines Medizinstudiums
1941–1944 Unterbrechung des Studiums wegen des Kriegs, Arbeit als Mechaniker
1945–1948 Fortsetzung des Studiums in Lemberg und Krakau
1946 sein erster Roman »Der Mensch vom Mars« erscheint in einer Heftreihe
1947 Mitarbeit am Krakauer Wissenschaftszirkel
ab zirka 1950 freier Schriftsteller
1982 verlässt Polen und geht nach Westberlin, später nach Wien
1988 Rückkehr nach Polen
2006 am 27. März stirbt Lem in Krakau

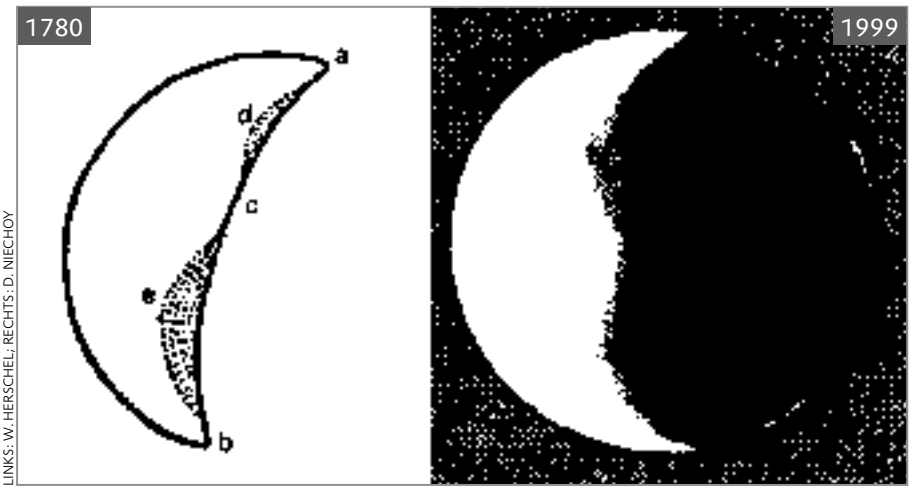
Wichtige Bücher: »Sterntagebücher« (1957), »Eden« (1960), »Solaris« (1961), »Summa technologiae« (1964), »Kyberiade« (1965), »Philosophie des Zufalls« (1968), »Der futurologische Kongress« (1971), »Lokaltermin« (1982)

Bis an sein Lebensende verschlang Lem täglich Unmengen an wissenschaftlicher Literatur, »um Lösungen zu suchen«, wie er sagte.

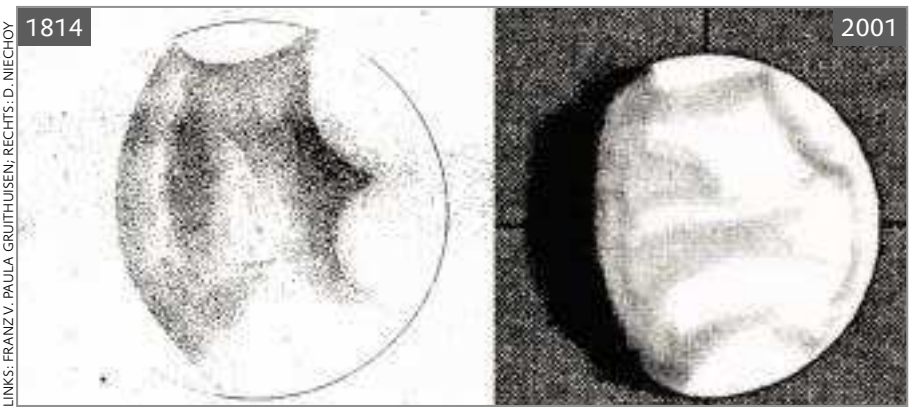
Lems Bücher wurden in mehr als fünfzig Sprachen übersetzt und erreichten eine Auflage von mehr als 45 Millionen. Sein Roman »Solaris« wurde zweimal verfilmt.

Auf den Spuren der Planetenzeichner

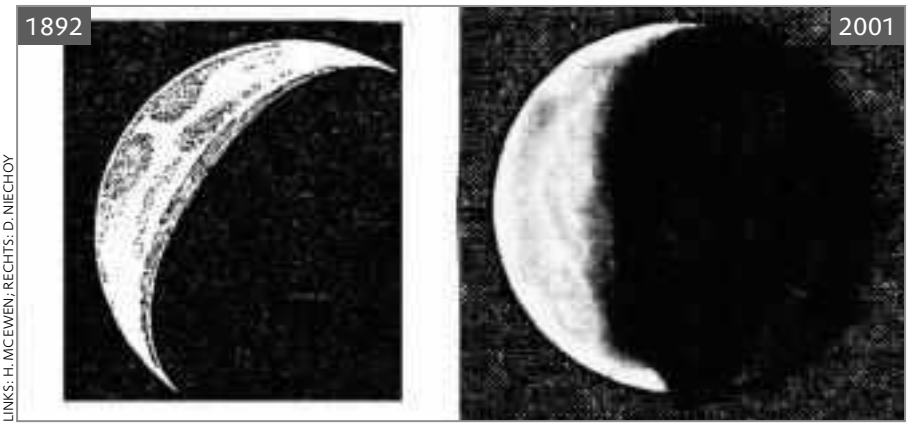
Wer Beobachtungen mit Papier und Bleistift festhält, kann sich sogar mit den früheren Astronomen messen. **>> Detlev Niechoy**



LINKS: W. HERSCHEL; RECHTS: D. NIECHOY



LINKS: FRANZ V. PAULA GRUITHUISEN; RECHTS: D. NIECHOY



LINKS: H. MCEWEN; RECHTS: D. NIECHOY

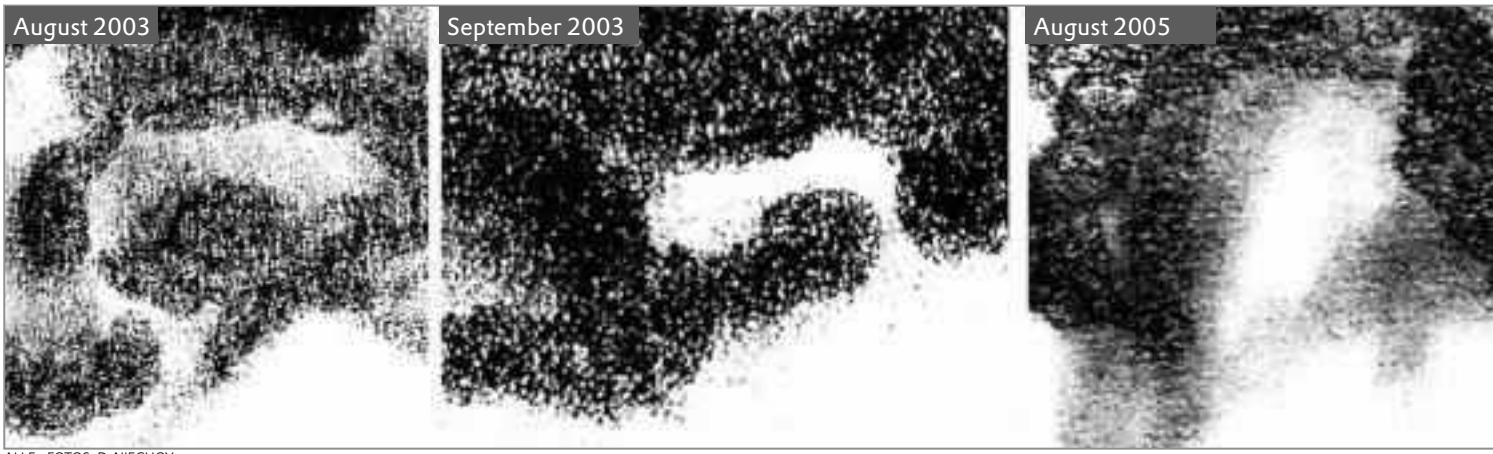
Einst war für Sterngucker das Zeichnen die Hauptsache. Heute hat die Technik in Form von Video- und CCD-Aufnahmen dem Stift den Rang abgelaufen, doch mich faszinieren Planetenbeobachtung und -zeichnen immer wieder, seit ich 1972 mit der Astronomie begonnen habe. Das gilt besonders, weil sich so das Gesehene mit den Beobachtungen früherer Astronomen vergleichen lässt, mit Größen wie Christiaan Huygens, Johann Hieronymus Schröter oder Giovanni Schiaparelli.

Licht- und Schattenspiele

Eine dichte Wolkendecke hüllt die Venus ein, daher bleibt uns die Sicht auf ihre Oberfläche versperrt. Dafür nehmen wir Veränderungen in der oberen Wolkenschicht wahr, wie das schon Schröter, Sir William Herschel und Franz von Paula Gruithuisen getan haben. Diese Wolken unterliegen schnellen Veränderungen, daher können wir nur ähnliche Strukturen vergleichen. Hinzu kommt, dass die hellen und dunklen Schatten auf der beleuchteten Seite der Venus sehr subtile Erscheinungen sind. Bei dem starken Hell-dunkel-Kontrast am Nachthimmel sind sie allerdings kaum wahrzunehmen.

Dennoch sehen Sie auf der oberen linken Venuszeichnung ganz deutlich zwei dunkle Ausbuchtungen entlang der Lichtgrenze (d und e), die durch eine Art Tal (c) getrennt zu sein scheinen. Die Zeichnung

Die Venus fordert den Beobachter durch geringe Kontraste. Dennoch lassen sich Veränderungen in ihren Wolkenschichten beobachten, wenn sie nur als Sichel zu sehen ist.



ALLE 3 FOTOS: D. NIECHOY

Mars im Wandel Der helle Hof um den Solis Lacus (ganz links: dunkler Fleck in der Bildmitte) hat sich im Lauf eines Monats verschoben (Mitte). Bei der dritten Beobachtung scheint eine Wolke über dem Ort zu stehen.

fertigte William Herschel im Jahr 1780 an. In meiner Zeichnung vom 26.6.1999, die ich diesem Bild gegenübergestellt habe, ist die Situation ähnlich. Den unbeleuchteten Teil des Planeten sparte Herschel aus.

Beim zweiten Bildvergleich vom 21.8.1814 und 24.8.2001 ist zu erkennen, dass Gruithuisen um 1800 die dunkle Planetenseite nicht schwärzte, sondern nur andeutete. Zudem fallen die hellen Polregionen und der sehr helle Rand am beleuchteten Teil der Venus auf. Die dunklen Gebiete gehen von der Lichtgrenze zum beleuchteten Planetenrand. Vergleichbares sah ich 2001. Das eben genannte Problem wird auch hier deutlich: Beide Zeichnungen mussten im Kontrast verstärkt werden.

Auch bei deutlicher und in diesem Fall ähnlicher Phasengestalt sind Vergleiche möglich, wie die unterste Gegenüberstellung zu Henry McEwen zeigt (7.6.1892 und 9.2.2001). In beiden Fällen wurden grobe, kontrastreiche Strukturen im beleuchteten Teil festgehalten.

Der Mars ist einfacher zu beobachten als die Venus. Durch seine dünne Atmosphäre können wir auf die Oberfläche hindurchblicken. Die hellen und dunklen Merkmale dort lassen sich den Oberflächenformationen zuordnen.

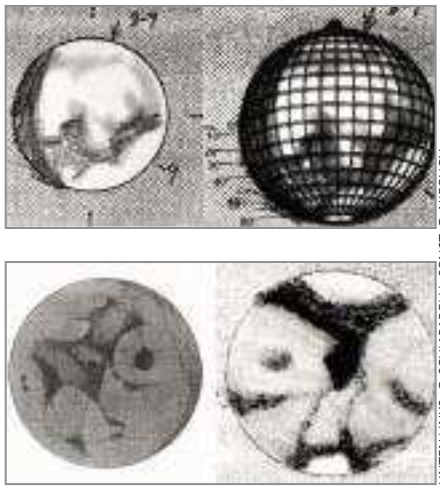
Auch deren Bild kann sich verändern. Oben habe ich drei Zeichnungen des »Sonnensees« Solis Lacus in die gleiche Orientierung gebracht und vergrößert. Er ist bei der Beobachtung am 11.8.2003 (oben links) deutlich wahrgenommen worden. Ein heller Hof umsäumt ihn, nach rechts verschmilzt er mit dem dunklen Gebiet daneben. Gut einen Monat später (Mitte): Der Hof ist etwas kleiner, und der Übergang liegt auf der linken Seite. Bei der letzten Beobachtung (28.8.2005, rechts) war der Sonnensee nur als helle Bucht zu sehen. Möglicherweise befand sich darüber in der Marsatmosphäre eine weiße Wolke.

Generell gilt: Um Formationen zu identifizieren, müssen Sie zuerst den Zentralmeridian herausfinden; die Daten dazu ermitteln Sie aus astronomischen Jahrbüchern und der Rotationsdauer des Planeten (AH 10/2005, S. 38). Mit Hilfe einer Gradnetzschablone können nun Positionen bestimmt und mit einer Marskarte verglichen werden. Bei meiner Zeichnung rechts (oberes Bildpaar), die während der Marsopposition 2005 entstand, lag der Zentralmeridian bei 97 Grad. Auch sie zeigt demnach die Region um Solis Lacus am 90-Grad-Meridian bei 30 Grad südlicher Breite.

Die Zahlen im linken Bild geben eine Intensitätsschätzung der verschiedenen Merkmale wieder – eine hilfreiche Konvention für Auswertung und Vergleich verschiedener Zeichnungen. Ich arbeite mit der Skala der Association of Lunar and Planetary Observers (Alpo, www.lpl.arizona.edu/~rhill/alpo/alpo_index.html). Danach werden besonders helle oder hell leuchtende Gebiete mit 10 und sehr dunkle oder schwarze mit 0 bewertet. Zwischenstufen sind vom Beobachter zu schätzen.

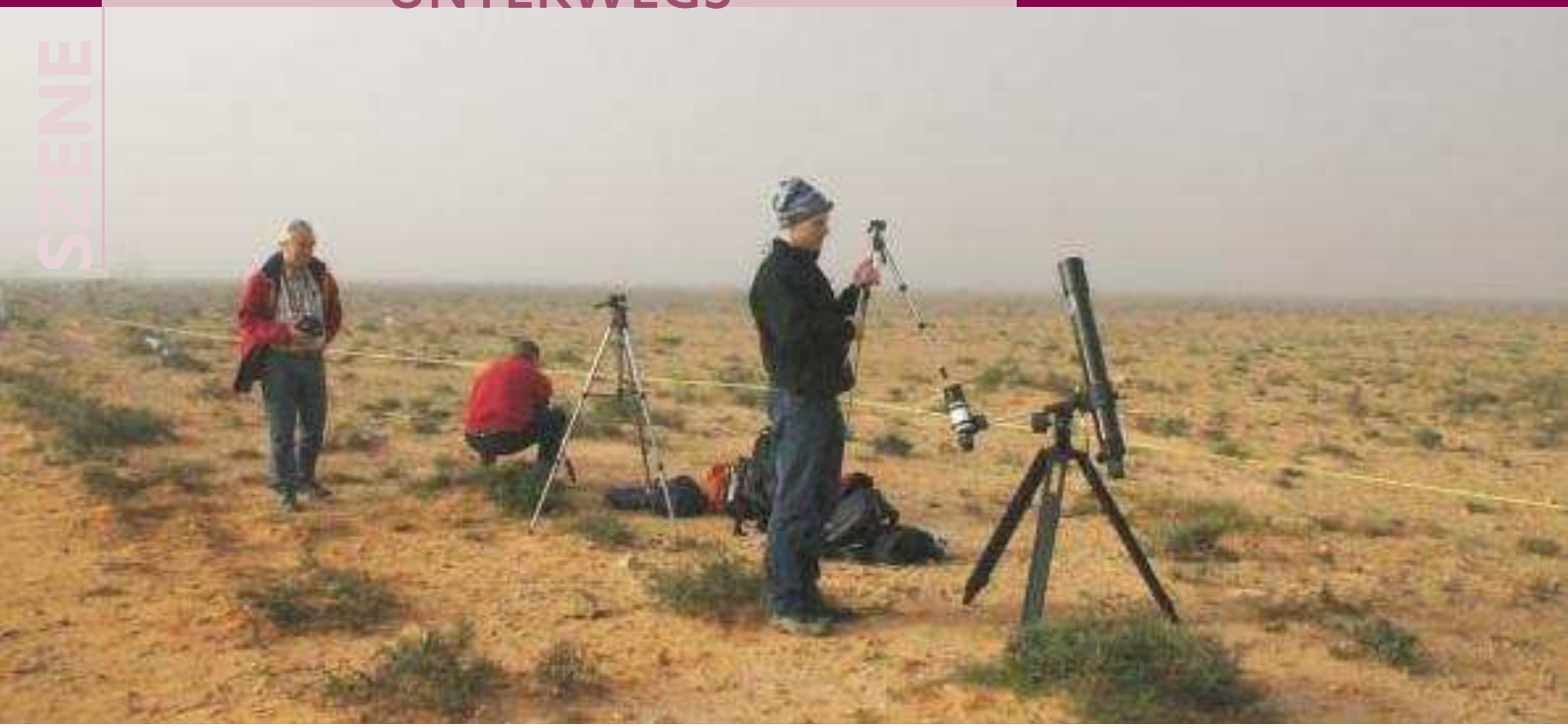
Mit solchen Hilfsmitteln können wir gut die Beobachtungen nachvollziehen, von denen frühere Astronomen in ihren Aufzeichnungen berichten – selbst kuriose. Die feinen Linien auf der Zeichnung des italienischen Astronomen Giovanni Schiaparelli (ganz unten links), die vom Plateau Syrtis Maior ausgehen, können als die berühmten »Kanäle« gedeutet werden. Solche erkannte ich auch bei einer meiner Beobachtungen (daneben). Doch auch wenn wir das gleiche sehen – heute wissen wir, dass es wohl nur Hochnebel oder auf dem Teleskop niedergeschlagene Luftfeuchtigkeit waren, die dicht beieinander stehende Punkte zu einem Strich verschwimmen ließen. <<

Detlev Niechoy ist in der VdS-Planetengruppe Sektionsleiter für die inneren Planeten mit Schwerpunkt visuelle Beobachtung.



UNTEN LINKS: G. SCHIAPARELLI; SONST: D. NIECHOY

Zahlen und Gitter helfen dabei, Gesehenes zu vergleichen und Landschaftsformationen zu identifizieren. Die oberen Bilder zeigen den »Sonnensee« Solis Lacus, unten das Plateau Syrtis Maior mit »Marskanälen«.



SoFi, Wüste und Oasen

Die AH-Leserreise zur Sonnenfinsternis in Ägypten

>> Hans Zekl

Der Nil, die Pyramiden und das Rote Meer sind die bekanntesten Reiseziele Ägyptens. Für die Teilnehmer der AH-Leserreise ging es im März jedoch in weit gehend unbekannte Landstriche, zuerst nach As-Sallum an der libyschen Grenze und am Rand der größten Wüste der Welt, der Sahara. Nur dort sah man von ägyptischem Boden aus, wie der Mond die Sonne vollständig bedeckte. Danach führte die Tour tiefer in das Innere der Wüste.

Die Sonnenfinsternis war für viele Teilnehmer der wichtigste Grund, Ägypten zu besuchen.

Achtzehn Teilnehmer starteten am 27. März, zwei Tage vor dem entscheidenden Ereignis, mit einer Lufthansa-Maschine von Frankfurt nach Kairo, wo uns der ägyptische Reiseleiter Ashraf herzlich empfing.

Willkommen im Land am Nil

Nach unserer Landung wird das Gepäck auf dem Bus verstaut, dann geht es los in Richtung Alexandria, dem heutigen Etappenziel. Der Straßenverkehr ist chaotisch – jeder fährt, wie er will; wenn möglich in der Mitte. Den Busfahrer kümmert das wenig. Sicher manövriert er das Fahrzeug durch das Gewimmel.

Etwa auf halbem Weg dorthin taucht die mächtige Mauer des koptischen Klosters Deir Amba Bishoi auf, das im 4. Jahrhundert gegründet wurde. Noch heute leben hier etwa 150 Mönche. Auf dem Rundgang besichtigen wir die Anlage mit der Basilika des heiligen Bishoi und sehen auch die Mönchszellen mit ihren winzigen Fenstern. Im Innenhof zwitschern Vögel lautstark, von einer Dachterrasse aus bietet sich ein großartiger Blick über die gesamte Anlage und die Nachbarklöster.

In der Ferne donnert es. In Richtung Alexandria drohen schwarze Gewitterwolken, aus denen der Wind hin und wieder ein paar Regentropfen herüberweht. Manche blicken besorgt zum Himmel. Sollte die Sonnenfinsternis etwa ins Wasser fallen, trotz des viel versprechenden Wetterberichts? Und das am Rand der Wüste!

Beim Abendessen mit einem Glas Wein im Hotel in Alexandria lernen wir uns näher kennen. Erstaunlicherweise haben einige die Tour wegen der Wüstenziele gebucht und nicht wegen der Finsternis. Kaum einer hat bisher eine totale Sonnenfinsternis richtig gesehen.

Für den nächsten Morgen steht El Alamein auf dem Programm, wo im Zweiten Weltkrieg die deutsch-italienischen Divisionen unter Erwin Rommel den

ALLE FOTOS DIESES ARTIKELS: STANISLAVA ZEKL

Der Morgennebel bedeckt die Gegend noch kurz vor der Sonnenfinsternis (links). Erst nach dem Ereignis hatten alle Reisenden einen klaren Kopf, um die Wüstenlandschaft mit ihren eindrucksvollen Felsendomen genießen zu können (rechts).

Engländern unterlagen. In einem Museum wird der Ablauf der mehrtägigen Schlacht anhand von Modellen und zahlreichen Ausstellungsstücken dargestellt. Ein paar Kilometer entfernt befindet sich das deutsche Ehrenmal, ein beeindruckender achteckiger Bau auf einer kleinen Anhöhe. In den Nischen um den Innenhof sind die Namen von 4280 gefallenen Soldaten auf Bronzetafeln angebracht. Er ist in seiner monumentalen, aber schlichten Ausführung ein beeindruckendes Mahnmal gegen den Krieg.

Eine Zeltstadt in der Wüste

Unterbrochen von einem kurzen Aufenthalt am Strand von Marsa Matruh geht es schließlich weiter nach As-Sallum. Längst ist die Nacht hereingebrochen, als der Bus sich über die kurvenreiche Straße hinter der Stadt zum Plateau mit dem Beobachtungsplatz hinaufquält. Kurz vor dem Grenzübergang biegt er nach rechts auf eine holprige Piste ab und fährt auf eine hell erleuchtete Ortschaft zu, die sich als riesige Zeltstadt für 10 000 Personen entpuppt. Die ägyptischen Organisatoren haben ganze Arbeit geleistet. Es ist alles vorhanden: Schlafzelte, Toiletten, mehrere große Beduinenzelte, in denen wir essen können, und ausreichend Platz für den Aufbau der Instrumente. Nach dem gemeinsamen Abendessen gibt es noch einen Vortrag über die bevorstehende Sonnenfinsternis.

Um sechs Uhr früh sind die meisten schon auf den Beinen. Nach einem guten Frühstück werden wenig später die Beobachtungsplätze bezogen. Noch liegt ein dichter, kalter Nebel über dem Gelände, durch den die Sonne nur schemenhaft zu erkennen ist. In den Tagen zuvor hat es heftig geregnet und der Boden ist immer noch feucht. Doch der Dunst verschwindet rechtzeitig und macht einem tiefblauen Himmel Platz. In etwa zwei Kilometer Entfernung wandern einige Kamele auf der libyschen Seite der Grenze vorbei.

Nur noch wenige Minuten, bis der Mond sich wie vorhergesagt vor die Sonne schiebt: der erste Kontakt. Das Klicken der Kameraverschlüsse mischt sich mit aufgeregten Rufen – es geht los. Doch wenige Minuten später kehrt wieder Ruhe ein, die partielle Phase ist nicht so spannend. Ganz langsam ändern sich die Farben, Rot und Gelb werden intensiver. »Venus! Die Venus ist zu sehen!« Ein heller weißer Punkt leuchtet im Himmelsblau. Noch eine Viertelstunde bis zum großen Moment, wenn der Mond die Sonne vollständig bedeckt. Etwa drei Minuten davor beginnt sich der Horizont im Südwesten rötlich zu verfärben. Aus seiner Mitte erhebt sich mit zunehmender Geschwindigkeit der Mondschatten, der immer größere Teile des Firmaments überzieht.

Schwarze Sonne über der Wüste

Der Horizont glüht in lebhaftem Rot und Orange. Jetzt wird es rasch dunkel. Dann: der Diamantring, als der letzte Sonnenstrahl durch ein einsames Mondtal fällt. Von einer Sekunde auf die andere leuchtet die Korona auf, weder sehr groß noch besonders hell, aber reich strukturiert. Einige schreien ihre Begeisterung heraus. Merkur ist zwischen Venus und Sonne aufgetaucht, wenig später erscheint auch Mars auf der anderen Seite. Es ist kühl geworden, die Temperatur ist um 13 Grad gefallen.

Viel zu schnell, in nicht ganz vier Minuten, ist alles vorbei. Das Sonnenlicht blitzt wieder auf und die Dunkelheit zieht sich ebenso rasch, wie sie gekommen ist, nach Osten zurück. Alle sind begeistert: »Die Farben, was für Farben!« »So etwas Unglaubliches habe ich mir nicht vorstellen können!« »Dass es so etwas Schönes gibt!« Auch die Reisenden, die eigentlich nicht wegen der Sonnenfinsternis hier waren, verstehen jetzt, warum so viele Menschen diesen Himmelsschauspielen hinterherjagen, und wollen wissen, wo und wann die nächste Finsternis stattfindet. >

> An diesem Tag gibt es beim Mittagessen natürlich nur ein Thema: Wer hat was wie gesehen und erlebt. Doch dann drängt unser Fahrer zum Aufbruch. Gut 500 Kilometer bis zur Oase Siwa müssen heute noch zurückgelegt werden. Von den rund 40 000 Personen, die sich in und um As-Sallum versammelt hatten, sind die meisten schon wieder weg. Bei Sonnenuntergang machen wir noch eine kurze Kaffee- und Teepause in Marsa Matruh.

Weiter in die Wüste

Längst ist die Nacht hereingebrochen, als wir Siwa erreichen. Für morgen steht eine Besichtigung der Oase und ihrer Umgebung auf dem Programm. Auf einem Hügel ragen die Ruinen der Altstadt Shali in die Höhe. Hier stürzten 1928 die Häuser und Mauern aus dem 13. Jahrhundert nach einem verheerenden Dauerregen ein. Vom höchsten Punkt aus, einem zerfallenen Turm, bietet sich ein hübscher Blick über die Oase mit ihren Siedlungen und den umliegenden Seen. Über Palmenhainen erhebt sich die Ruine des Amun-Tempels, der einst von Alexander dem Großen aufgesucht worden war. In der Kleopatra-Quelle ganz in der Nähe hat die hübsche Königin hingegen nie gebadet.

Tagsüber ist es in der Oase relativ ruhig. Erst am Abend erwacht sie zu geschäftigem Treiben. Die wenigen Frauen, die man auf Eselskarren sitzen sieht, sind tief verschleiert. Obwohl lange von der Außenwelt isoliert, breitet sich der »Fortschritt« auch hier immer weiter aus. Seit Kurzem gibt es einen Geldautomaten, ein Laden verkauft sogar Snowboards. Zum Fahren auf den Sanddünen? Wir lassen den Abend auf der Terrasse des Hotelrestaurants ausklingen und schauen Bilder von der Finsternis an.

Tags darauf geht es mit vier Jeeps auf einer teilweise sehr holprigen Wüstenstraße weiter zur Oase Bahariya. Immer wieder wechseln sich Felslandschaften

Ägyptische Impressionen
Unsere Reisegruppe beim Abendessen in Beduinenzelten in As-Sallum (oben). Die Altstadt von Shali in der Oase Siwa wurde 1928 durch einen Dauerregen zerstört (Mitte). Am Ende der Leserreise hatte die ägyptische Kultur auf einige Reiseteilnehmer abgefärbt (unten).

mit Dünen ab. Ein heftiger Wind weht große Mengen Sand über die Straße, die stellenweise darunter verschwindet. Unterwegs gibt es Gelegenheiten, um versteinerte Muscheln zu suchen und auf Sanddünen zu klettern.

Kurz vor Sonnenuntergang, als wir in Bahariya ankommen, ist der Wind zu einem Sturm geworden. Sand und Staub tauchen alles in ein bleigraues Licht. Im Hotel wartet eine Überraschung: Der Direktor stammt aus Bensheim an der Bergstraße. Seine japanische Ehefrau und er erlagen dem Zauber der Wüste.

Am nächsten Morgen besichtigen wir zuerst ein kleines Museum, in dem sieben Mumien ausgestellt sind. Gegen ein kleines Bakschisch wird auch das übliche Fotografierverbot für einen Moment aufgehoben. In der Nähe befinden sich noch zwei Gräber, zum Teil mit gut erhaltenen Malereien, zu denen steile Treppen hinabführen.

Der lange Weg nach Hause

Wir brechen zur Oase Farafra auf und fahren durch die landschaftlich wohl imposantesten Gebiete der gesamten Reise. Rund dreißig Kilometer hinter Bahariya erreichen wir die Schwarze Wüste. Einst bedeckten weite Lavafelder das Gebiet. In Jahrmillionen verwandelten sie sich in dunkles Geröll, das zusammen mit dem rötlichen Sand der Landschaft ihr typisches Aussehen gibt. Zahlreiche kegelförmige Berge erheben sich aus dem Wüstenboden und liefern immer neue grandiose Ansichten.

Vor Farafra erstreckt sich östlich der Straße die bizarre Landschaft der Weißen Wüste. Die Jeeps biegen ab und kurven zwischen großen pilzartigen Felsformationen herum. Tiefer im Gelände taucht eine beeindruckende Gruppe weißer Felstürme und Dome auf. Einer sieht aus wie die versteinerte Kuppel einer Sternwarte. Inzwischen nähert sich die Sonne langsam dem Horizont, ihr Licht überzieht die Wüste mit einem gelblichen Schimmer.

Von einem größeren flachen Felsen aus bietet sich ein beeindruckender Blick über die bizarre Landschaft, während die Sonne versinkt. Hoch am Himmel erscheint die waagrechte, schmale Sichel des zunehmenden Monds. In der Dämmerung leuchtet der Westhimmel in den unterschiedlichsten Rottönen, über die sich ein türkis schimmernder Saum legt. Sirius erscheint. Unterhalb von ihm, tief im Süden, flackert Kanopus im Sternbild Schiffskiel. Bald folgen die hellsten Sterne des Orions.

Als wir Farafra erreichen, ist es tiefe Nacht. Von der Oase selbst ist nichts zu sehen. Nur verschiedene Lichtansammlungen zeigen, wo sich Siedlungen befinden. Farafra ist die kleinste der von uns besuchten Oasen und besitzt nur wenige Sehenswürdigkeiten, die am nächsten Morgen schnell abgeklappert sind.

Danach beginnt die lange Fahrt zurück nach Kairo. Zuerst führt der Weg nach Bahariya, wir müssen tanken. Dort haben wir Gelegenheit, noch ein paar Andenken einzukaufen. Die Straße führt durch eine ebene und öde Landschaft. Ab und zu sind in der Ferne hohe Sanddünen zu erkennen. Was für ein Gegensatz zur gestrigen Wüste!

Bei der Ankunft in der Hauptstadt begrüßen uns die Pyramiden im Licht der untergehenden Sonne. Bevor wir die Zimmer im empfehlenswerten Hotel Oasis beziehen, wird noch rasch für den nächsten Morgen ein Ausflug zu diesen Weltwundern organisiert.

Gizeh ist ein weiterer Höhepunkt der Reise, obwohl kein Teil des Grundprogramms. Wegen des frühen Aufbruchs gibt es sogar noch Karten für den Eintritt in die Cheopspyramide. Pro Tag werden nur 150 Tickets verkauft, die meist schon um 9 Uhr weg sind. Der Zugang zur Grabkammer ist nichts für Personen mit Platzangst. Durch zwei niedrige Gänge und steile Anstiege gelangt man schließlich in eine hohe Halle, in der ein leerer Steinsarkophag steht. Bis heute ist nicht geklärt, ob die Kammer einst von Grabräubern geplündert oder nur zur Täuschung angelegt wurde, während die eigentliche Grabstätte noch irgendwo verborgen ist. Trotz der begrenzten täglichen Besucherzahl ist die Luft sehr stickig. Von den Pyramiden ist es nicht weit zur geheimnsvollen Sphinx.

Dann heißt es Abschied nehmen von Ägypten. Eine schöne Reise ging schnell vorbei, doch es gab auch viel zu sehen, insbesondere eine faszinierende totale Sonnenfinsternis. Die nächste ist am 1. August 2008 in Sibirien. Vielleicht trifft man sich dann wieder – inschallah, so Gott will. <<

Hans Zekl freut sich bereits auf den nächsten Urlaub – und die nächste Finsternis.

Lust auf mehr?

Gemeinsam mit unserem Schwestermagazin »Sterne und Weltraum« können wir Ihnen noch einige andere Leserreisen anbieten, die Joachim Biefang betreuen wird (AH 3/2006, S. 50). Die Touren nach Namibia im Juni 2006 waren bei Redaktionsschluss so gut wie ausgebucht, aber es gibt noch weitere reizvolle Ziele:

Die Reise nach Französisch-Guayana (17.9.–25.9.2006) bietet im September zwei astronomische Highlights: Der Esa-Weltraumbahnhof in Kourou ist der Startplatz der Ariane-Raketen und jedem Raumfahrtfreund ein Begriff. Am 22.9. 2006 können Sie in Französisch-Guayana außerdem eine ringförmige Sonnenfinsternis beobachten, die 5 Minuten und 42 Sekunden dauern wird. Natürlich gibt es auch Exkursionen in den Regenwald. Preis pro Person im Doppelzimmer: 2490 Euro

Die Kanarischen Inseln haben sich zu einem wichtigen Standort der europäischen Astronomie entwickelt. Vom 7.11. bis zum 21.11. 2006 (Achtung: der Termin wurde wegen des Leonidenmaximums vorverlegt) können Sie die Sternwarten auf Teneriffa und La Palma besichtigen. Das Rahmenprogramm umfasst neben dem Teide-Nationalpark auch Walbeobachtung im Atlantik und mehrere Inseltouren. Preis pro Person im Doppelzimmer: 1940 Euro

Vorschau auf 2007

In Chile warten die Europäische Südsternwarte in La Silla und das Very Large Telescope auf dem Cerro Paranal auf Sie. Vom 6.2. 2007 bis zum 20.2. 2007 stehen unter anderem die Stadt Santiago, der Pinguin-Nationalpark, die Atacama-Wüste mit dem Mondtal sowie die El-Tatio-Geysire auf dem Reiseplan. Preis pro Person im Doppelzimmer: 3050 Euro.
Zusatzangebot: eine Verlängerung um fünf Tage, um den Torres-Del-Paine-Nationalpark, den Perito-Moreno-Gletscher und die Insel Magdalena zu besuchen.

Alle Preise inklusive Flug. Buchen können Sie bei unserem Partner Wittmann Travel in Hamburg unter 040 8510 5376.
Weitere Infos: www.wittmann-travel.de
E-Mail: info@wittmann-travel.de

Schwarze Sonne

Eine wahre Flut von erstklassigen Aufnahmen der Sonnenfinsternis vom 29. März 2006 erreichte uns in den letzten Wochen. Die Auswahl interessanter Bilder fiel uns daher sehr schwer.

Sonnenatmosphäre
Um die Strukturen der Korona besser hervorzuheben, wurden für dieses Bild sieben Einzelaufnahmen montiert.
>> Heinz-Peter Laub

Digitale Pracht
Neun Bilder mit unterschiedlicher Belichtungszeit wurden zu diesem beeindruckenden Bild zusammengesetzt. Die Aufnahme der Sonnenscheibe zeigt den Anblick kurz vor dem ersten Kontakt.
>> Anthony Ayiomamitis

Abgesang

Neben dem Diamantring ist hier auch die innere Korona sichtbar. Das Bild entstand direkt nach dem dritten Kontakt, mit dem die Totalität endete.

>> Gerhard Fingerhuth

Wolkenlücke

Eine tausendstel Sekunde genügte, um durch eine Wolkenlücke über Bayern hindurch die Fisternis zu fotografieren – viele Beobachter in Deutschland hatten nicht einmal diese Gelegenheit.

>> Patrick Rosyk

Das große Ganze

Mit einem Fischaugenobjektiv gelang diese Aufnahme. Sie zeigt die verfinsterte Sonne über der Türkei und vermittelt einen Eindruck der Stimmung während der Totalität.

>> Team Baader Planetarium

Sonnentaler

Auf dem Boden waren diese »Sonnentaler« zu sehen. Die Lücken zwischen den Blättern eines nahen Baums wirkten wie viele Lochkameras und projizierten Bilder der Finsternis.

>> Jürgen Walter

Fackelspiel

Eine ganze Gruppe feurig roter Protuberanzen ragt auf dieser Aufnahme über den Mondrand hinaus – ein Anblick, für den man normalerweise ein spezielles Fernrohr benötigt.

>> Thomas Helms

Himmlischer Segen

Während der Totalität bot die Sonne allein schon einen reizvollen Anblick – für dieses Bild wurde sie jedoch zusätzlich über den Apollo-Tempel in Side montiert.

>> Johannes Ohlert

Vorgeschmack

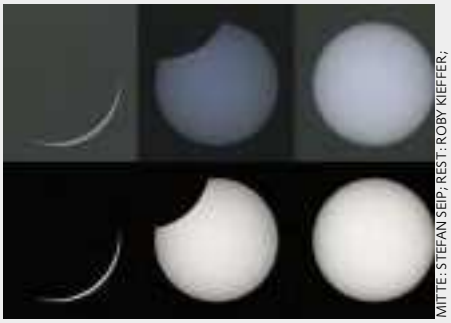
Der Mond schiebt sich langsam vor die Sonnenscheibe, auf der lediglich drei unauffällige, kleine Sonnenflecken zu erkennen sind.

>> Martin Schacke

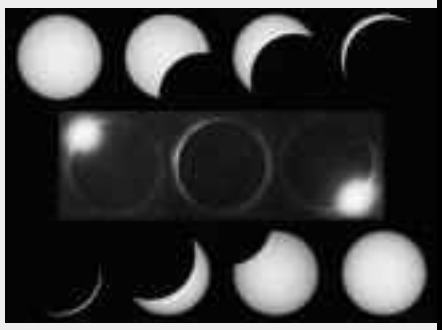
Machen Sie mit: Wir freuen uns über Ihre »Glanzlichter« – schicken Sie uns Ihre besten Astrofotos!
Aus allen Einsendungen wählen wir einige der schönsten aus und veröffentlichen sie im Heft. (Bitte senden Sie uns hoch aufgelöste JPEG-Bilder, jedoch keine Download-Links, CDs oder Zip-Archive. Geben Sie bitte auch Details über Teleskop, Kamera oder Aufnahmetechnik an. Abzüge und Diapositive können nur zurückgesandt werden, wenn ein frankierter Rückumschlag beiliegt.)

Adresse: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH • Redaktion ASTRONOMIE HEUTE • Stichwort: Glanzlichter
Postfach 10 48 40 • D-69038 Heidelberg • E-Mail: glanzlichter@astronomie-heute.de

Wenn die Bilder laufen lernen



MITTE: STEFAN SEIP; REST: ROBY KIEFFER; FOTOMONTAGE: STEFAN SEIP



Der Weg zum Film Das linke Bild zeigt in der oberen Reihe die Rohdaten und darunter die helligkeitskorrigierten Bilder. Um eine Animation zu erstellen, wurden die Bilder in Photoshop deckungsgleich übereinander gelegt (Mitte). Rechts ist eine Kollage mit Ausschnitten des fertigen Films abgebildet.

Wohl nie zuvor wurde eine totale Sonnenfinsternis so gut und ausführlich dokumentiert wie die am 29. März 2006. Roby Kieffer aus Luxemburg konnte im türkischen Side bei wolkenfreiem Himmel eine ganze Serie von Aufnahmen machen, die mir als JPG-Dateien vorliegen. Er verwendete ein Meade-ETX-Teleskop mit siebzig Millimeter Öffnung und eine analoge Spiegelreflexkamera. Effektiv betrug die Brennweite 1260 Millimeter. Den Fujichrome-Diafilm mit Iso 400 ließ Herr Kieffer in einem Fachgeschäft digitalisieren.

Die Bilder sind absolut scharf und decken den kompletten Verlauf der Finsternis ab. Die Histogramme (Photoshop-Befehl »Bild/Einstellungen/Tonwertkorrektur ...«) zeigten jedoch, dass viele Aufnahmen unterbelichtet sind, was aber auch beim Scannen passiert sein kann. Daher korrigierte ich zunächst den Tonwertumfang durch Anpassung des Histogramms (AH 5/2006, S. 74). So konnten auch die unterschiedlichen Helligkeiten der Bilder aus der partiellen Phase angeglichen werden. Ähnlich dem Rauschen bei Digitalaufnahmen ist der Preis für das »Retten« unterbelichteter Bilder eine stärkere Filmkörnung. Einige Testaufnahmen an der unverfinsterten Sonne hätten die Unterbelichtung verhindern können. Durch Umwandeln der Fotografien in Schwarz-Weiß-Bilder unterdrückte ich den Blaustich, der durch die Sonnenfilterfolie entstanden war.

Die Aufnahmen zeigen alle wichtigen Momente der Finsternis. Ich vermisse lediglich länger belichtete Bilder, die auch die äußeren Regionen der Korona mit ihren imposanten Strahlen zeigen.

Da es ein Glücksfall ist, wenn man eine totale Sonnenfinsternis in ihrem gesamten Verlauf fotografieren kann, schlage ich vor, eine Kollage zu erstellen. In Photoshop geht das durch den Einsatz von Ebenen sehr leicht. Über »Kopieren« und »Einfügen« lassen sich alle Aufnahmen übereinander legen. Unter dem Menuepunkt »Bild/Arbeitsfläche« können Sie sich mehr Platz verschaffen, um die einzelnen Aufnahmen in die gewünschte Position zu bringen. Nach der Fertigstellung werden die Ebenen mit dem Befehl »Ebene/Auf Hintergrundebene reduzieren« wieder zusammengeführt.

Noch trickreicher ist das Erstellen einer Animation. Zuerst werden wieder Ebenen übereinander angeordnet, in diesem Fall jedoch so, dass die Sonne deckungsgleich ist. Dabei ist es nützlich, wenn als Überblendmodus des jeweils obersten Bilds »Differenz« statt »Normal« gewählt wird. Dann können Sie das Bild pixelgenau verschieben, bis es perfekt passt. Verwenden Sie dazu statt der Maus die Cursortasten, um eine höhere Genauigkeit zu erreichen. Wenn die Lage stimmt, stellen Sie den Überblendmodus zurück auf »Normal«. Bei den Bildern von Herrn Kieffer war zudem eine Drehung der Einzelaufnahmen notwendig, vermutlich weil er eine azimutale Montierung benutzte.

Jede Ebene wird als separate Datei gespeichert, am besten mit durchnummerierten Dateinamen. Aus diesen Bildern können Sie einen Film erstellen, zum Beispiel mit dem »GIF Construction Set« (www.mindworkshop.com). Die Animation verdeutlicht den Finsternisverlauf und die Bewegung des Monds vor der Sonne. Das Ergebnis finden Sie unter www.astronomie-heute.de/aheu/hochglanz05.gif.

Herrn Kieffer wünsche ich auch für die Zukunft viel Freude und Erfolg bei der Astrofotografie. <<

Fototipps vom Experten

Ein schönes Motiv – doch Ihr Bild ist nicht optimal geworden? Astrofotograf Stefan Seip gibt Ihnen Tipps, wie Ihre Fotos noch besser werden. Schicken Sie uns Ihre bearbeitete Aufnahme und das Rohbild zu!
redaktion@astronomie-heute.de

Teleskoptypen Teil III

Ein Kat für alle Fälle

»Mein Kat ist toll!« – wenn ein Amateurastronom so ins Schwärmen gerät, meint er vermutlich nicht die Auspuffanlage seines Autos, sondern sein katadioptrisches Fernrohr.

>> Rod Mollise

Schaut man sich die Teleskopanzeigen in ASTRONOMIE HEUTE an, so fällt der Blick unweigerlich auf einige seltsam wirkende Instrumente. Dem ersten Eindruck nach sehen diese gar nicht wie Fernrohre aus. Sie besitzen keine langen, dünnen Röhren, sondern sind kurz und dick und ähneln damit eher einer Tonne. Auch ihre Montierungen geben mit ihren vielen Schaltern und Lämpchen einen recht unkonventionellen Anblick ab.

Willkommen in der wundervollen Welt der katadioptrischen Teleskope! Ein solches »Kat« ist ein Fernrohr, das sowohl Spiegel als auch Linsen besitzt, um ein Abbild der Außenwelt zu erzeugen. Am oberen Ende des Fernrohrtubus befindet sich eine Korrekturlinse, am unteren Ende ein großer Hauptspiegel mit einem Loch in der Mitte. Das einfallende Licht tritt zunächst durch die Korrekturlinse und fällt dann auf den Hauptspiegel, der es wieder zur Korrekturlinse wirft. In deren Zentrum befindet sich ein kleiner Sekundärspiegel, der das Licht abermals reflektiert, sodass es durch das Loch im Hauptspiegel ins Okular gelangen kann.

Wozu der ganze Aufwand? Erstens wird durch das mehrfache Hin- und Herspiegeln der Lichtweg innerhalb des Tubus gefaltet, was eine ungewöhnlich kompakte Bauweise des Teleskops ermöglicht.

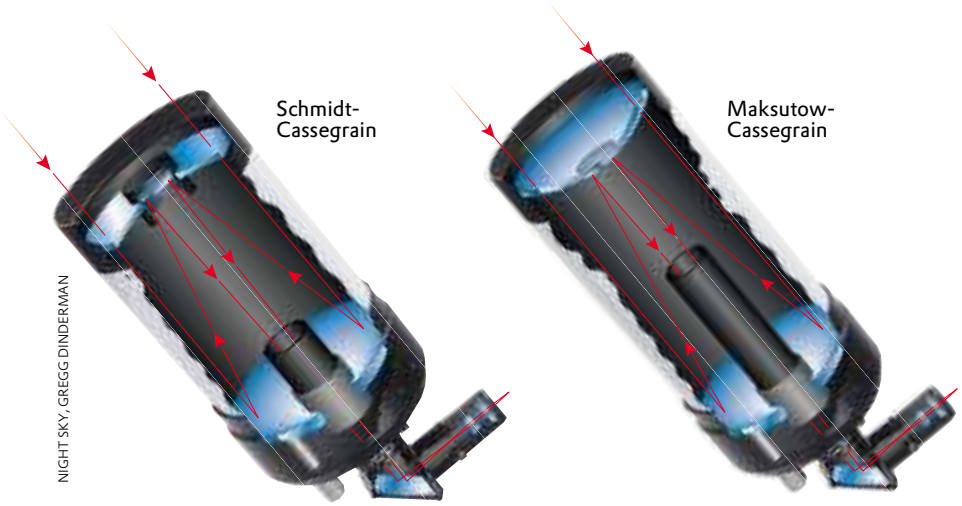
Zahlreiche Vorzüge

Dadurch ist das Okular bei Kat-Teleskopen stets in etwa gleicher Höhe, unabhängig davon, wohin das Instrument gerade zeigt. Zweitens dichtet die Korrekturlinse den Tubus ab, sodass von oben her weder Dreck noch Feuchtigkeit ins Innere des Fernrohrs – und damit an die empfindlichen Spiegeloberflächen – gelangen können.

Und es gibt noch einen dritten Vorteil. Bei den meisten Teleskopen muss der Beobachter das Okular vor- und zurückbewegen, um das Bild scharf zu stellen. Solange es sich um visuelle Beobachtungen handelt, funktioniert das in der Regel recht gut. Anders jedoch bei der Astrofotografie: Hier ist es oft unmöglich, den Okularauszug weit genug herauszuziehen, um eine Fokussierung zu erreichen. Bei einem katadioptrischen Teleskop hingegen bewegt man zum Scharfstellen nicht das Okular, sondern den Hauptspiegel. Dadurch steht für die Fokussierung ein enorm großer Bereich zur Verfügung und nahezu jede Kamera lässt sich problemlos einsetzen.

Kommen wir noch einmal auf die oben erwähnten Anzeigen zu sprechen: Das Wort »katadioptrisch« sucht man in ihnen vergeblich. Stattdessen ist dort die Rede von »Schmidt-Cassegrain-« oder »Maksutow-Cassegrain-Teleskopen« (oft kurz Maks genannt). Diese beiden Fernrohrtypen ähneln sich in vielerlei Hinsicht, doch es gibt Unterschiede in ihrer Bauweise, die das Schmidt-Cassegrain beliebter machen als das Maksutow-Cassegrain, obwohl es nicht unbedingt besser ist.

Die Schmidt-Cassegrain-Teleskope (SCTs) basieren auf den Ideen zweier großer Köpfe: Bernhard Schmidt, gebo-



NIGHT SKY, GREGG DINDERMAN

Katadioptrische Teleskope verwenden sowohl Linsen als auch Spiegel, um das Sternlicht zu bündeln. Die beiden beliebtesten Kat-Typen sind ähnlich aufgebaut und reflektieren das einfallende Licht in ihrem Innern mehrmals.

Der Markt bietet eine verwirrende Vielfalt an katadioptrischen Teleskopen.

NIGHT SKY, C.M. UTTER / AH

ren 1879 in Estland und lange Jahre als Optiker an der Hamburger Sternwarte tätig, sowie Laurent Cassegrain, einem im 17. Jahrhundert in Frankreich lebenden Priester und Lehrer. Obwohl es SCTs schon seit den 1940er Jahren gibt, waren sie bis in die 1970er hinein nur selten zu sehen, besonders bei Amateuren.

1963 fand die Firma Celestron International (gefolgt von Meade Instruments in den 1980ern) einen Weg, um die kompliziert geformten Korrekturlinsen in großer Stückzahl herzustellen, was bis dahin nicht möglich gewesen war. Seitdem hat sich das SCT nach und nach zum beliebtesten Instrument unter fortgeschrittenen Amateurastronomen gemausert. Meade und Celestron bieten gegenwärtig Schmidt-Cassegrain-Teleskope in einer verwirrenden Vielfalt von Typen und Ausstattungen an. Die auf dem Markt erhältlichen Modelle haben Öffnungen – also Durchmesser der Hauptspiegel – von 3½ bis 16 Zoll, entsprechend 90 bis 406 Millimeter. Die große Auswahl mag bisweilen Konfusion hervorrufen, doch man sollte im Kopf behalten, dass all diese Geräte sich in ihrem wichtigsten Teil, der Optik, kaum unterscheiden.

Auf vielen Hochzeiten tanzen

Es liegt auf der Hand, warum Amateurastronomen SCTs so lieben. Diese Instrumente besitzen eine kurzen, handlichen Tubus und einen ansehnlichen, lichtstarken Hauptspiegel – eine Kombination, die sowohl einen einfachen Transport als auch die Beobachtung unterschiedlicher Himmelsobjekte erlaubt. Mond, Planeten, Gasnebel und Galaxien sind dabei nur der Anfang. Mit Schmidt-Cassegrain-Teleskopen kann man genauso gut Galaxien fotografieren oder nach Supernovae suchen.

SCTs sind erschwinglich und äußerst vielseitig, allerdings nicht perfekt. In gewisser Weise können sie alles und nichts davon richtig. So liegt der Sekundärspiegel mitten im Strahlengang und verursacht bei der Beobachtung lichtschwacher Objekte oder feiner Einzelheiten einen Kontrastverlust. Scharfsichtige Sterngucker bevorzugen daher oft Linsenfernrohre, wenn es darum geht, Details auf Planeten zu erspähen.

Ein weiterer Nachteil der Schmidt-Cassegrain-Teleskope ist ihre große >

FOTOS DIESER DOPPELSEITE: NIGHT SKY, C. M. UTTER

An der Korrekturlinse lässt sich erkennen, ob es sich um ein Schmidt-Cassegrain- oder ein Maksutow-Cassegrain-Teleskop handelt. Die Linse eines SCT ist flach, die eines Maks gekrümmt und untertassenförmig. Ebenfalls auffällig: das unterschiedliche Aussehen der Sekundärspiegel

> Brennweite. Fast alle von ihnen besitzen Brennweitenverhältnisse von f/10; ein Gerät mit zwanzig Zentimeter Öffnung hat also eine Brennweite von zwei Metern! Da sich die Vergrößerung eines Fernrohrs aus der Brennweite seines Objektivs geteilt durch jene des Okulars ergibt, erzielt man bei Schmidt-Cassegrains relativ hohe Vergrößerungen bei kleinen Gesichtsfeldern. Atemberaubende Panorama-Ansichten bei niedriger Vergrößerung sind unmöglich – es sei denn, man investiert in teure Spezialokulare oder Focalreduktoren, die das Brennweitenverhältnis auf f/6 oder tiefer drücken.

Preiswert veredelt

Mittels spezieller Behandlungen für die optischen Elemente lassen sich SCTs verbessern. Vergütungen steigern die Durchlässigkeit der Korrekturlinse, Beschichtungen das Reflexionsvermögen der Spiegel. Dadurch kommt mehr Licht zum Okular, das Bild wird heller. Solche Spezialbeschichtungen, bei Meade »UHTC«, bei Celestron »StarBright XLT« genannt, kosten bei einem Zwanzig-Zentimeter-Gerät rund hundert Euro – meiner Meinung nach eine lohnende Investition.

Nun zum zweiten Typ der katadioptrischen Teleskope, den Maksutow-Cassegrains. Entwickelt im Jahr 1941 von dem sowjetischen Optiker Dimitri Maksutow, ähneln Maks in Aussehen und Funktion den SCTs. Wie aber lassen sich die beiden unterscheiden? Ganz einfach: Man braucht nur einen Blick auf die Korrekturlinse zu werfen. Während sie beim SCT wie eine flache Glasscheibe aussieht, ist sie beim Maksutow stark gekrümmt und ähnelt einer Untertasse.

Zudem sind die Sekundärspiegel meist ganz anders beschaffen. Beim SCT ist der Sekundärspiegel in einem Loch in der Mitte der Korrekturlinse untergebracht, bei vielen Maks dagegen findet man lediglich einen aluminiumbeschichteten Punkt auf der inneren Fläche der Linse. Das vereinfacht sowohl die Herstellung als auch die Justierung der Spiegel.

Amateurastronomen haben überwiegend eine gute Meinung von Maksutow-Cassegrains. Das liegt vor allem an deren dicken Korrekturlinsen, die sich einfacher und mit höherer Genauigkeit herstellen lassen als die dünnen Linsen von SCTs. Allerdings wird dieser Vorteil durch einen hohen Preis geschmälert, besonders bei großen Maks: Wegen ihrer beträchtlichen Dicke sind die Rohlinge für große Korrekturlinsen sehr teuer. Oberhalb einer Öffnung von zwanzig Zentimetern schießen die Kosten kräftig in die Höhe.

Zwei weniger bekannte katadioptrische Teleskoptypen sind die Schmidt-Newtons und die Maksutow-Newtons. Erstere bieten ein gutes Preis-Leistungs-Verhältnis, Letztere sind sehr spezielle und zumeist teure Geräte. In letzter Zeit findet eine weitere Kat-Bauweise zuneh-

Welches ist die beste Montierung für ein Kat?

Größere Kats sind zumeist mit einer zweiarmigen Gabelmontierung (a) ausgestattet, bei der die Nachführung um beide Achsen von einem Computer gesteuert wird. Bei einigen Modellen ist es möglich, die vertikale Drehachse (b) zu kippen und auf den Himmelsnordpol auszurichten (c). Dies ist für die Astrofotografie von Vorteil. Andere Modelle besitzen eine traditionelle äquatoriale Montierung (d). Sie bewirkt, dass für die Nachführung nur eine Achse gedreht werden muss.

a

b

c

d

mend Beachtung: das Ritchey-Chrétien-System. Es bietet eine hervorragende Leistung, besonders in der Astrofotografie, ist aber sehr teuer und daher in erster Linie für fortgeschrittene Sternfreunde interessant.

Katadioptrische Teleskope werden fast ausschließlich mit motorgetriebenen Montierungen verkauft, die das Fernrohr der Bewegung der Sterne und Planeten nachführen. Eine solche Nachführung ist ein Muss, wenn man anspruchsvolle Astrofotografie betreiben möchte. Viele Kats besitzen eine einfach handhabbare Gabelmontierung, bei der der Tubus zwischen zwei stabilen Metallarmen hängt. Andere Modelle sind nur an einem einzigen Arm befestigt. Man könnte meinen, das reduziere die Stabilität. Bei kleinen Fernrohren spielt dieser Effekt jedoch kaum eine Rolle, da sie relativ leicht sind.

In der Vergangenheit waren die Gabeln meist auf einem äquatorialen Keil befestigt, sodass die Gabelarme auf den nördlichen Himmelspol ausgerichtet werden konnten. Ohne diese Einrichtung war eine vernünftige Nachführung unmöglich. Bei heutigen Gabelmontierungen ist die Sache zum Glück einfacher: Eine Computersteuerung sorgt auch ohne polare Ausrichtung für eine exakte Nachführung.

Manche Kats besitzen eine äquatoriale Montierung mit zwei senkrecht zueinander stehenden Achsen, von denen eine auf den Himmelsnordpol ausgerichtet sein muss. Diese Anordnung wird auch als Deutsche Montierung bezeichnet. Sie ist zwar für Anfänger schwer zu justieren, besitzt aber gegenüber der Gabelmontierung einen wichtigen Vorteil: das geringere Transportgewicht. Bei ihr lässt sich der Teleskoptubus problemlos abnehmen, sodass man zwei leicht tragbare Teile erhält. Gabelmontierungen hingegen erlauben meist keine einfache Demontage des Tubus.

Ein angehender Kat-Besitzer sollte die Rolle des Fernrohrgewichts nicht unterschätzen. Es bestimmt letztlich darüber, wie oft man sein Teleskop später benutzt. Wenn Sie nicht gerade eine feste Sternwarte in Ihrem Garten planen, sollten Sie beim Kauf eines gabelmontierten Kats mit mehr als acht Zoll (zwanzig Zentimeter) Öffnung größte Vorsicht walten lassen: Die großen Geräte sind viel schwerer, als sie in den Anzeigen aussehen. Einige 14-Zöller (entsprechend 356 Millimeter Öffnung) bringen siebzig Kilogramm auf die Waage!

Die Masse macht's! Kats mit großer Öffnung können sehr schwer sein. Dieser Achtzöller (203 Millimeter Öffnung) wiegt etwa dreißig Kilogramm und lässt sich nur mit großem Aufwand für einen Transport zerlegen.

Unabhängig von der Größe des Instruments empfiehlt es sich, ein Gerät zu wählen, das mit einer Go-to-Funktion ausgestattet ist. Sie ermöglicht es, das Teleskop mittels eingebauter Computersteuerung auf tausende Himmelsobjekte auszurichten. Einige hartgesottene Amateurastronomen mögen über die Verwendung der Go-to-Funktion spotten – vielleicht, weil sie ein wenig gekränkt sind, dass diese das Auffinden von Himmelsobjekten so einfach macht.

Dank Automatik zum Ziel

Ich hingegen glaube, die Go-to-Technik ist ein wahrer Segen für jeden Hobbyastronomen, die beste Erfindung in den vergangenen vierzig Jahren. Allerdings sollte man sich bewusst sein, dass eine Go-to-Montierung ihren Besitzer nicht davon befreit, etwas über die Gestirne wissen zu müssen. Es ist fast immer erforderlich, einige helle Sterne zu identifizieren, um das Teleskop korrekt ausrichten zu können. Tragen Sie also stets Ihre Sternkarte bei sich.

Einige Modelle treiben das Go-to-Konzept noch einen Schritt weiter. Sie fragen den Benutzer nicht wie sonst üblich nach Datum, Uhrzeit und geografischer Position, sondern ermitteln diese Informationen mit Hilfe des Globalen Positionierungssystems (GPS) selbst. Ist ein eingebauter GPS-Empfänger seinen Preis wert? Vielleicht, denn die Ausrichtung des Teleskops kann damit schneller gehen. Allerdings: Wenn man stets vom gleichen Ort aus beobachtet, ändern sich die geografischen Koordinaten nicht und müssen folglich nicht jedes Mal neu bestimmt werden. Selbst einfache Go-to-Systeme sind in der Lage, sich feste Koordinatenangaben zu merken; einige Systeme sind zudem mit einer Uhr ausgestattet und können so – nach einmaliger Initialisierung – Datum und Uhrzeit auch ohne GPS-Empfänger bestimmen.

Die im Folgenden besprochenen Teleskope repräsentieren eine Auswahl an handelsüblichen katadioptrischen Modellen. Es handelt sich um diejenigen, die bei Anfängern und fortgeschrittenen Amateurastronomen am beliebtesten sind. Egal, welches Gerät man wählt, ob nun ein »Kätzchen« mit neun Zentimeter Öffnung oder einen 25-Zentimeter-»Tiger«: Letztlich kommt es darauf an, bei jeder sich bietenden Gelegenheit mit dem Gerät nach draußen zu gehen und das Interesse an der Sternguckerei aufrechtzuerhalten. Es wird vermutlich nicht lange dauern, bis zwischen Ihnen, Ihrem Kat und dem nächtlichen Himmel eine enge Beziehung entsteht – eine Beziehung, die zu einem Leben voller kosmischer Wunder führt. <<

Rod Mollise (rmollise@aol.com) ist Autor des Buchs »Choosing and Using a Schmidt-Cassegrain-Telescope«, das 2001 im Springer-Verlag erschienen ist.

TELESKOPBESCHREIBUNGEN

Orion StarMax 90 EQ

Orion StarMax 90 EQ

90-Millimeter-f/14-Maksutow-Cassegrain, äquatoriale Montierung, 7,25 Kilogramm; 6 x 30-Sucherfernrohr; 25-Millimeter-Okular (50fache Vergrößerung); Preis: 290,–€

Wenn Sie Wert auf eine gute Transportfähigkeit legen, auf üppiges Beiwerk verzichten können oder nur über begrenztes Budget verfügen, dann ist der StarMax von Orion das richtige Instrument für Sie. Das Gerät besitzt eine respektable Optik und einen sauber gefertigten Tubus auf einfacher Montierung ohne Computersteuerung. Es eignet sich recht gut für die Beobachtung von Mond und Planeten. Das Gerät ist auch mit größeren Öffnungen erhältlich: 102 Millimeter (350,– €), 127 Millimeter (600,– €) und 150 Millimeter (600,– € ohne Montierung). Wer ein Kamerastativ benutzen möchte, kann die StarMax-Optik unter dem Namen Apex ohne Montierung erwerben. www.osdv.com

Meade ETX-90AT

Meade ETX-90 AT

90-Millimeter-f/14-Maksutow-Cassegrain auf einer motorgetriebenen zweiarmigen Gabelmontierung, 8,6 Kilogramm; 8 x 21-Sucherfernrohr; 26-Millimeter-Okular (48fache Vergrößerung); Datenbank mit 30 000 Objekten; Preis: 800,–€

Das »ET« in der Bezeichnung für dieses kompakte Mak steht für »Everybodys Telescope« – ein Teleskop für jedermann also. In der Tat handelt es sich um ein preisgünstiges und leicht transportables Instrument mit guter Optik, brauchbarer (allerdings teils aus Plastik bestehender) Montierung und Go-to-Steuerung. Die Neunzig-Millimeter-Öffnung hat allerdings ihre Grenzen, doch es gibt auch größere Versionen dieses Geräts: 105 Millimeter Öffnung für 1070,–€ und 125 Millimeter für 1400,–€. www.meade.de

Celestron C 6-S AS/GT

Celestron C 6-S AS/GT

152-Millimeter-f/10-Schmidt-Cassegrain auf einer motorgetriebenen äquatorialen Montierung, 21,7 Kilogramm; 6 x 30-Sucherfernrohr; 25-Millimeter-Okular (50fache Vergrößerung); Datenbank mit 40 000 Objekten; Preis: 1550,–€

Das C 6-S AS/GT ist Celestrons brandneue Version des Sechs-Zoll(152-Millimeter)-Schmidt-Cassegrains. Der Tubus sitzt auf einer massiven äquatorialen Montierung, die mit Go-to-Technik ausgerüstet ist. Das Gerät ist für 1095,–€ auch ohne Motoren und Go-to-System erhältlich. Wem ein Achtzöller (203 Millimeter Öffnung) zu schwer ist, der sollte dieses Gerät in die engere Wahl nehmen. Das Teleskop zeigt nicht nur Galaxien, Nebel und Sternhaufen, sondern enthüllt auch einige Details in helleren Objekten. www.celestron.de

Meade LX 90

Meade LX 90

203-Millimeter-f/10-Schmidt-Cassegrain auf einer motorgetriebenen zweiarmigen Gabelmontierung, 20 Kilogramm; 8 x 50-Sucherfernrohr; 26-Millimeter-Okular (77fache Vergrößerung); Datenbank mit 30 000 Objekten; Preis: 2200,–€

Dieses Acht-Zoll-SCT (203 Millimeter Öffnung) ist ein Teleskop mittlerer Preisklasse, bei dem auf einen Teil der elektronischen Spielereien des Topmodells LX 200 GPS verzichtet wurde. Das Meade LX 90 reicht dennoch für viele glückliche Jahre der erfolgreichen Beobachtung und Astrofotografie. Es steuert zuverlässig die gewünschten Objekte an und führt ebenso zuverlässig nach, und das alles zu einem vernünftigen Preis. Eine besondere Stärke dieses Instruments ist das benutzerfreundliche LNT-System für die Ausrichtung.

ALLE BILDER: HERSTELLERFOTOS

Questar 3.5

Questar 3.5

89-Millimeter-f/14,6-Maksutow-Cassegrain mit einer motorgetriebenen äquatorialen Tischmontierung, 3,2 Kilogramm; eingebauter Sucher (4 x und 8 x); 24-Millimeter- und 16-Millimeter-Okulare (54fache und 81fache Vergrößerung); Preis: 5000,–€

Das Questar 3.5 ist nicht nur wunderschön anzuschauen, sondern auch von herausragender Qualität. Das brillante Design dieses 3,5-Zoll-Teleskops (89 Millimeter Öffnung) hat sich seit seiner Markteinführung in den 1950er Jahren kaum verändert. Allerdings hat die sehr hohe mechanische und optische Qualität ihren Preis. Und selbst wenn Sie sich ein Questar 3.5 leisten können, sollten Sie sich die Frage stellen: Wie lange wird mir ein so kleines Teleskop reichen? www.questar-corp.com

Celestron C 925 S AS/GT

Celestron C 925 S AS/GT

9¼-Zoll-f/10-Schmidt-Cassegrain (235 Millimeter Öffnung) mit einer motorgetriebenen äquatorialen Montierung, 28,1 Kilogramm; 6 x 30-Sucherfernrohr; 25-Millimeter-Okular (94fache Vergrößerung); Datenbank mit 40 000 Objekten; Preis: 2795,–€

Ursprünglich geht das Konzept dieses 9¼-Zoll-Teleskops (235 Millimeter Öffnung) auf den japanischen Hersteller Takahashi zurück. Das Bildfeld ist jedoch ebener und das Beugungsbild konzentrierter, weshalb die Optik unter Planetenbeobachtern und Astrofotografen als Geheimtipp gilt. Die deutsche Montierung ist mit dem NexStar-Go-to-System ausgestattet. Aufbau und Ausrichtung dauern zwar etwas länger als bei einer Gabelmontierung, dafür ist das C 925 S AS/GT preiswert, in mehrere Teile zerlegbar und daher gut zu transportieren. Puristen können das Teleskop auch ohne Go-to und Nachführmotoren erwerben (2240,–€).

Meade 10-Zoll LX 200 GPS

Meade 10-Zoll LX 200 GPS

254-Millimeter-f/10-Schmidt-Cassegrain auf einer motorgetriebenen zweiarmigen Gabelmontierung, 54 Kilogramm; 8 x 50-Sucherfernrohr; 26-Millimeter-Okular (96fache Vergrößerung); Datenbank mit 145 000 Objekten; Preis: 3700,–€

Es gibt von Meade zwar auch SCTs mit 12, 14 und 16 Zoll Öffnung (entsprechend 305, 356 und 406 Millimeter), doch für die meisten Anfänger dürfte die Schmerzgrenze bezüglich Preis und Größe bei zehn Zoll (254 Millimeter) liegen. Das LX 200 GPS enthält die komplette Hightechausstattung der größeren Modelle, einschließlich AutoStar-II-Computer und motorgetriebener Fokussiereinrichtung, aber in einer deutlich leichter transportablen Verpackung. Die Optik ist gut, der Computer erfüllt alle denkbaren Wünsche.

Celestron CPC 800 XLT

Celestron CPC 800 XLT

203 Millimeter-f/10-Schmidt-Cassegrain auf einer motorgetriebenen zweiarmigen Gabelmontierung, XLT-Vergütung, 19,1 Kilogramm; 8 x 50-Sucherfernrohr; 40-Millimeter-Okular (51fache Vergrößerung); Datenbank mit 40 000 Objekten; Preis: 3050,–€

Dies ist ein Instrument der neuen CPC-Serie von Celestron. Es ist mit SkyAlign ausgestattet, einer bequemen automatischen Ausrichtung. Bei den meisten Go-to-Funktionen beginnt die Ausrichtung mit der Suche nach zwei oder drei hellen Referenzsternen. Beim CPC 800 müssen lediglich drei beliebige helle Objekte – auch Mond und Planeten sind erlaubt – nacheinander eingestellt werden. Der Beobachter braucht nicht einmal zu wissen, um welche Objekte es sich handelt: Das Teleskop findet es mit Hilfe eines eingebauten Kompasses sowie eines GPS-Empfängers selbst heraus.

Sommerzeit

Ferngläser, Fernsteuerungen
und neue Teleskopserien

H-Alpha-Korrekturfilter von Baader für die Canon EOS-Serie

>> Drei extreme Weitwinkelferngläser bietet Miyauchi seit Kurzem an. Das Miyauchi BB750IFW ist ein 7x50-Feldstecher mit einem Gesichtsfeld von 9,5 Grad und einem Gewicht von 1250 Gramm. Die Randschärfe ist besser als beim Vorgängermodell. Das Gerät besitzt eine Einzelfokussierung an den Okularen. Zum bequemeren Scharfstellen hat das BB750CFW einen Mitteltrieb. Hier ist das Gesichtsfeld jedoch ein halbes Grad kleiner.

Noch extremer ist das BB532CFW, ein 5x32-Fernglas mit erstaunlichen 13,2 Grad Gesichtsfeld. Seine Okulare sind genauso groß wie die Objektive. Es wiegt 925 Gramm.

Alle Instrumente haben ein helles und kontrastreiches, praktisch farbfehlerfreies Bild. Alle Glas-Luft-Oberflächen sind mehrfach vergütet. Das 5x32-Gerät kostet 399 Euro, die beiden anderen je 599 Euro.
www.intercon-spacetec.de

>> Meade stellt mit dem LX 200 R ein Ritchey-Chrétien-Teleskop vor. Nahezu jedes Großteleskop weltweit ist mittlerweile von dieser Bauart, auch das Hubble-Weltraumteleskop der Nasa. Das LX 200 R ist ein »Advanced Ritchey-Chrétien System« mit allen bewährten Möglichkeiten des LX 200, inklusive GPS, Hauptspiegelklemmung, shiftingfreiem Mikrofokussierer, überdimensioniertem Hauptspiegel, Smart Drive, Smart Mount, AutoStar II (siehe unten) und noch mehr.

Das neue Instrument bietet dem ambitionierten Amateur über das gesamte Gesichtsfeld vollkommen scharfe Sternabbildungen, die den Vergleich mit professionellen Observatorien nicht zu scheuen brauchen. Es ist mit 8, 10, 12, 14 und 16 Zoll Öffnung verfügbar.

Die Geräte sind ab Juli 2006 erhältlich. Die reine Optik des Achtzöllers kostet 1520 Euro, der Sechzehnzöller mit Äquatorialsäule liegt bei 16 190 Euro.
www.meade.de

>> Eine Fernsteuerung für das LX 200 GPS ist der Meade Autostar II. Das Teleskop kann damit aus über dreißig Meter Entfernung drahtlos ferngesteuert werden, wenn Sie das mitgelieferte Empfängermodul an einem der RS-232-Ports des LX 200 GPS anschließen. Die Stromversorgung erfolgt über vier Mignon-Batterien (»AA«). Die Handsteuerung kommuniziert per Funk mit der Montierung, direkter Sichtkontakt zum Gerät ist deshalb nicht erforderlich. Durch die neue Tastenanordnung konnte die Bedienbarkeit der LX 200 GPS-Handbox noch weiter verbessert werden. Der Autostar II kostet 299 Euro.
www.meade.de
www.intercon-spacetec.de

>> Die Firma Baader Planetarium hat einen speziellen H-Alpha-Korrekturfilter für digitale Spiegelreflexkameras (DSLR) von Canon entwickelt, der den IR-Sperr- und Anti-Aliasing-Filter der Modelle 300D und 350D ersetzt. Er kann auch in die Canon 10D, 20D und 30D eingebaut werden, allerdings ist der Originalfilter dieser Kameras etwas größer.

Der Filter bewirkt eine Optimierung für astronomische Aufnahmen, bei der maximale H-Alpha-Empfindlichkeit, maximale

ALLE BILDER: HERSTELLERFOTOS

Miyauchi 7 x 50

Meade Autostar II

Philips Astro Webcam

Lichtausbeute und maximale Auflösung im Vordergrund stehen. Nach dem Umbau ist die Kamera zwar auf astronomische Ziele beschränkt, für diesen Zweck kann sie dann aber noch besser als spezielle Astro-DSLRs genutzt werden.

Der rechteckige Baader-DSLR-H-Alpha-Korrekturfilter hat ein Format von 26,9 x 19,5 x 2,7 Millimetern und kostet 75 Euro.
www.baader-planetarium.de

>> Unter dem Namen Scopos haben der Teleskop-Service Ransburg und Baader Planetarium eine neue APO-Serie entwickelt. Das Scopos-Programm wird neben einigen größeren apochromatischen Refraktoren auch Zubehör wie Okulare enthalten. Die Produktlinie steht für gehobene Qualität zu einem vernünftigen Preis.

Den Anfang macht ein dreilinsig verkitteter apochromatischer Refrakor mit 80 Millimeter Objektivöffnung und 560 Millimeter Brennweite. Neben einem stabilen Zwei-Zoll-Crayfordauszug verfügt er über eine einschiebbare Taukappe und über eine Rohrschelle mit Fotostativanschluss. Durch den teilbaren Tubus ist das Gerät besonders leicht zu transportieren. Sie können auch mit Binokularansätzen oder starken Korrektorlinsen arbeiten, ohne Probleme beim Scharfstellen zu bekommen.

In der Anfangsphase wird das Teleskop für 698 Euro angeboten.
www.teleskop-service.de

>> Die Philips Astro Webcam SPC 900NC ist die aktuellste astrotaugliche PC-Kamera für die Fotografie von Mond und Planeten. Dieses neue Modell verwendet noch empfindlichere und rauschärmere Chips als der Vorgänger.

Die Kamera liefert bis zu neunzig Bilder pro Sekunde. Die Auflösung im Video-Modus liegt bei 640 x 480 Pixeln. Da es sich bei dieser Kamera eigentlich um ein Produkt handelt, das in hohen Stückzahlen für den Massenmarkt hergestellt wird, kann sie zu einem relativ günstigen Preis angeboten werden.

Der Teleskop-Service bietet die Kamera für 115 Euro inklusive Software und einem 1¼-Zoll-Steckadapter mit Filtergewinde an. Das Komplettset mit dem sehr wichtigen IR- und UV-Sperrfilter kostet 145 Euro. Der Sperrfilter ermöglicht es vor allem bei Linsenteleskopen, schärfere Bilder zu schießen, und schützt den Chip gleichzeitig vor Staub.
www.teleskop-service.de

Das Meade LX 200 R in der 16-Zoll-Ausführung

Scopos-Apochromat von Teleskop-Service und Baader

Hat die Rakete eine ausreichend hohe Geschwindigkeit erreicht, so kann man damit die Erde verlassen.

ALLE ILLUSTRATIONEN: EMDE-GRAFIK / AH

Warum fliegt eine Rakete?

>> Cecilia Scorza de Appl

Genauso wie ein wild umhersausender Luftballon funktionieren auch Raketen.

»Sonja, ich bin so fasziniert von der Reise zum Mond, dass ich mehr über die Erforschung des Sonnensystems mit Raumsonden erfahren möchte. Aber ich habe ein Problem: Ich verstehe immer noch nicht, wie es möglich ist, dass eine so schwere Rakete wie die Saturn V fliegt. Immerhin wiegt sie 2700 Tonnen. Weißt du eine Erklärung?«

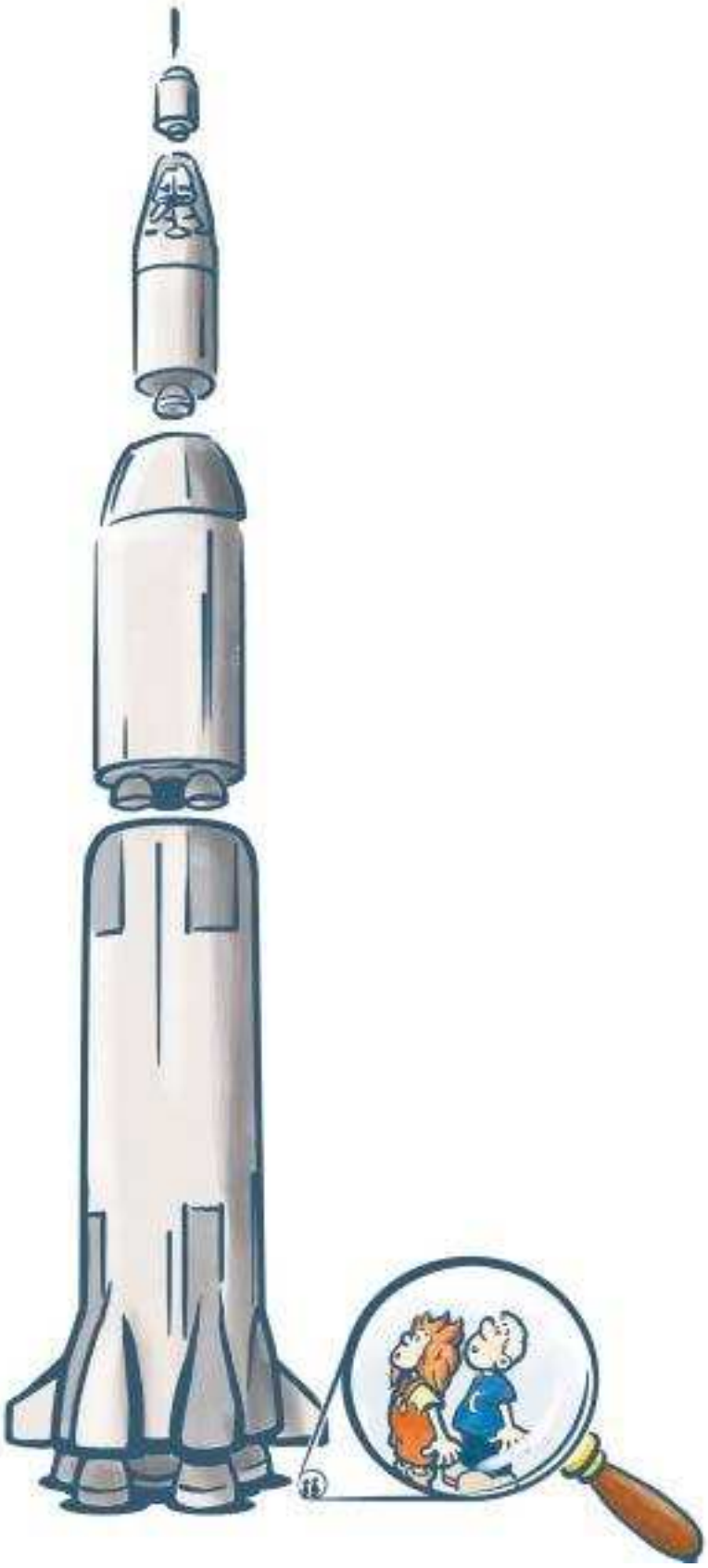
»Ja, Lunic. Ich war mal im Kontrollzentrum der Esa, das ist die europäische Weltraumorganisation, in Darmstadt. Dort hat man mir erklärt, wie eine Rakete fliegt! Wir konnten sogar ein paar Experimente machen und unsere eigene Rakete bauen.

Der Flug einer Rakete beruht auf dem so genannten Rückstoß-Prinzip. Schon der berühmte Physiker Isaac Newton fand im 17. Jahrhundert heraus, dass auf jede Aktion eine gleich große, in die Gegenrichtung wirkende Reaktion stattfindet. Zum Beispiel beim Abfeuern einer Kanone: Wenn die Kugel nach vorne fliegt, wird die Kanone selbst ruckartig nach hinten bewegt. Das nennt man den Rückstoß. So ähnlich ist es auch beim Start einer Rakete.

Im unteren Teil der Rakete wird Treibstoff verbrannt, dabei bilden sich Gase, die eine hohe Geschwindigkeit besitzen. Je nach Treibstoff sind die Gase zwischen 2000 und 4000 Grad heiß und stehen unter sehr hohem Druck. Dann lässt man sie aus den Schubdüsen am Fuß der Rakete – die nach unten gerichtet sind – schnell entweichen. Durch den Rückstoß in Gegenrichtung bewegt sich die Rakete nach oben und fliegt!«

»Ah, Sonja, da fällt mir was ein: Ein gutes Beispiel für das Rückstoß-Prinzip ist auch der Rasensprenger meines Opas. Seine gebogenen, drehbaren Rohre sind sternförmig angeordnet. Wenn er ihn anmacht, beginnt sich dieser durch die Rückstoßkraft des herausspritzenden Wassers zu drehen. Oder nimm einen Luftballon, blas ihn auf, aber mach keinen Knoten hinein. Wenn du ihn plötzlich loslässt, fliegt er wild durch die Gegend, weil die ausströmende Luft den Schub erzeugt. Aber der Rückstoß bei einer Rakete muss sehr gewaltig sein, damit sie bis ins Weltall fliegt!«

»Das passiert ja nicht auf einmal, Lunic! Wenn die Gase aus den Schubdrüsen austreten, besitzen sie eine Geschwindigkeit von 15000 Kilometer pro Stunde. Der Rückstoß bewirkt, dass die Rakete nach oben beschleunigt wird. Sie muss jedoch eine Geschwindigkeit von 40000 Kilometer pro Stunde erreichen, damit sie der Anziehungskraft der Erde entfliehen kann. Das nennt man Fluchtgeschwindigkeit. >



Ganz klein und winzig wirken Sonja und Lunic neben der über hundert Meter hohen Saturn-V-Rakete.

› »Du kannst dir das so vorstellen: Wenn du einen Ball nach oben wirfst, wird der immer langsamer und erreicht irgendwann mal seinen höchsten Punkt. Kurz bevor er wieder beginnt zur Erde zurückzufallen, bekommt er noch einen zweiten Schubs nach oben. Und immer wenn er anfängt seinen Schwung zu verlieren, bekommt er erneut einen Schubs, und das so lange, bis der Ball im Weltraum angekommen ist.

Genau so einen Trick haben sich auch die Raumfahrtingenieure einfallen lassen: Sie bauen die Rakete nicht in einem Stück, sondern aus drei verschiedenen Teilen oder Stufen, wie sie sagen. Wenn nach dem Start die unterste Stufe, in der sich ein Großteil des Treibstoffs befindet, ausgebrannt ist, wird sie abgeworfen. Dadurch wird die Rakete um die Hälfte leichter. Dann zündet die zweite Stufe, und wenn diese ausgebrannt ist, wird sie auch abgetrennt. Die wiederum leichter gewordene Rakete fliegt durch das Zünden der dritten Stufe noch schneller, bis sie endlich die Fluchtgeschwindigkeit erreicht hat. Meistens haben Raketen drei oder vier Stufen« (siehe Abbildung S. 73).

»Das ist aber eine unglaublich kluge Idee, Sonja! Jetzt habe ich richtig Lust bekommen, meine eigene Rakete zu basteln! Kannst du mir zeigen, wie das geht?«

»Klar, Lunic! Unten im Kasten findest du eine Anleitung zum Bau deiner eigenen Rakete. Du brauchst dazu nur eine Filmdose, etwas Brausepulver und etwas Wasser. Viel Spaß!« ‹‹

Zum selbst Ausprobieren: die Brause-Rakete

Du brauchst: eine Filmdose (so ein kleines Döschen, in dem Filme verpackt sind), eine Tüte Brausepulver und etwas Wasser. Aus leichtem Papier bastelst du einen Kegel und klebst ihn mit einem Streifen Tesafilm auf die Filmdose. Das ist die Raketenspitze.

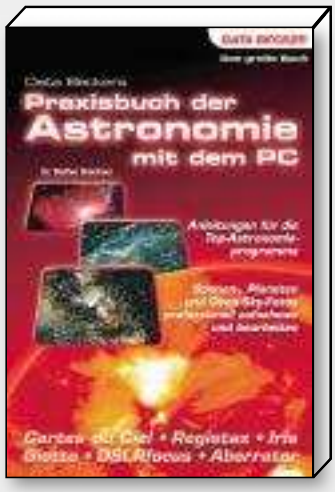
Dann füllst du die kleine Dose zu weniger als der Hälfte mit Wasser, schüttest einen gehäuften Teelöffel Brausepulver dazu und setzt den Deckel wieder drauf.

Das Ganze stellst du dann, Deckel nach unten, auf den Küchentisch, auf den du vorher eine abwaschbaren Tischdecke gelegt hast. Noch besser ist es, wenn du die Rakete bei gutem Wetter im Freien starten lässt.

Das alles sollte ziemlich schnell passieren, denn schon nach wenigen Sekunden fliegt deine Rakete in die Luft. Pass aber gut auf, dass sie dir nicht in die Augen fliegt, und zieh zur Sicherheit eine Regenjacke an, da du sonst nass werden könntest!

So tankst du deine Rakete vor dem Start auf.

... 3 - 2 - 1 ... Start! Und schon hebt sie ab!



Steffen Brückner

Praxisbuch der Astronomie mit dem PC

Data Becker Verlag, Düsseldorf 2005
335 Seiten mit zahlreichen farbigen Abbildungen
ISBN 3-8158-2555-5
34,95 €

Know-how für Astrofotografen

Computer sind aus der Amateurastronomie schon seit Langem kaum noch wegzudenken. So leisten sie heute Sternfreunden in Form von digitalen Himmelsatlanten oder als elektronische Jahrbücher gute Dienste. Zunehmend dient der PC auch als perfekt ausgestattetes digitales Fotolabor. Um jedoch von den Rohaufnahmen einer Webcam oder einer digitalen Spiegelreflexkamera zu eindrucksvollen Astrofotos zu gelangen, braucht man neben der passenden Software ein recht umfangreiches Know-how in Sachen Bildverarbeitung.

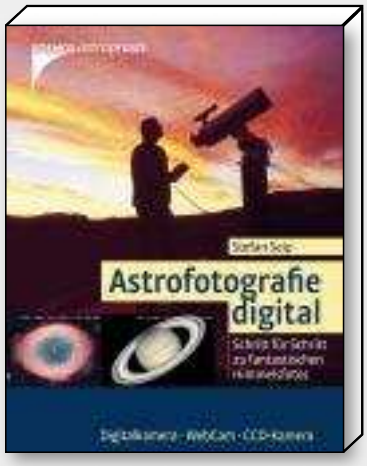
Hierauf liegt auch der Schwerpunkt des Buchs von Steffen Brückner – einem erfahrenen Astrofotografen. Großzügig mit Screenshots illustriert, wird für viele Fragestellungen einsteigergerecht und Schritt für Schritt gezeigt, wie man zum Ziel kommt. Dazu gibt es jede Menge nützliche Tipps zu den technischen Hintergründen. Behandelt werden unter anderem die Beobachtungsplanung mit dem kostenlosen Sternkartenprogramm Cartes du Ciel, Planetenfotografie mit einer Webcam und anschließender Bearbeitung mit den Programmen Giotto und Registax sowie die druckreife Aufbereitung von Astro-Digitalfotos mit Iris und Photoshop Elements.

An einigen Stellen benutzt der Autor für mein Empfinden Fachbegriffe wie zum Beispiel Leistungsspektrum zu selbstverständlich. Eine kurze Erklärung der Begriffe fände ich sinnvoller, als an anderer Stelle ausführlich zu erklären, wie man in einem Windows-Dialog eine Farbe auswählt.

Dennoch ist es ein Buch, das dem Neuling den Einstieg in die Astrofotografie und Bildbearbeitung leicht macht. Man bekommt viele erprobte Rezepte an die Hand, aber auch genug Anregungen, wie man mit den Programmeinstellungen experimentieren kann.

>> Peter Strub

Solides Rüstzeug



Stefan Seip

Astrofotografie digital
Schritt für Schritt zu fantastischen Himmelsfotos

Kosmos-Verlag, Stuttgart 2006
144 Seiten, 226 Farbfotos
ISBN 3-440-10426-5
14,95 €

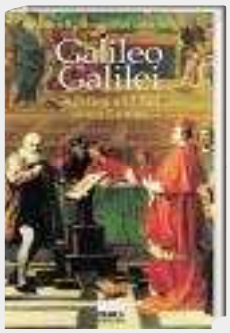
Seit einigen Jahren halten zunehmend Digitalkameras Einzug in die Astrofotografie. Das Warten auf die Abzüge gehört damit der Vergangenheit an. Aber wie wird aus den eigenen Schnappschüssen ein hochwertiges Bild? Und welche Tricks können bei Aufnahme und Nachbearbeitung angewendet werden?

Stefan Seip, ASTRONOMIE HEUTE-Lesern nicht nur aus der Rubrik Hochglanz bekannt, gibt in diesem schlanken Buch einen Überblick über die digitale Astrofotografie. Er beschreibt, wie man mit Kompaktkameras, Webcams, Spiegelreflexkameras und professionellen CCD-Kameras zum ersten Mal Bilder aufnimmt und sie anschließend am Computer bearbeitet. Für die Bildbearbeitung greift er neben Adobe Photoshop auch auf die Programme Giotto (für Webcams) und MaxIm (für CCD-Kameras) zurück. Auf der Homepage des Autors (www.astromeeting.de) liegen seine eigenen Aufnahmen für Übungszwecke zum Download bereit.

Naturgemäß kann er hier nicht allzusehr ins Detail gehen. Sowohl Software als auch Kameras ändern sich dafür zu schnell, und im Einzelfall muss man ohnehin bei jeder Aufnahme selbst ausprobieren, welche Methode am besten funktioniert. Daher gibt Seip dem Leser lieber ein solides Rüstzeug an die Hand und beschreibt die Techniken leicht verständlich, sodass auch ein Neuling schnell erste Erfolge hat. Wünschenswert wären lediglich noch ein paar Hinweise, die das Fokussieren erleichtern (eine Scheinerblende oder eine Millimeterskala sind schnell gebaut und hilfreicher als ein Foto des Okularauszugs).

»Astrofotografie digital« liefert dem Anfänger einen guten Ausgangspunkt, von dem aus er tiefer in die Himmelsfotografie einsteigen kann, ohne gleich bei den ersten Hürden zu straucheln.

>> Alexander Kerste



William R. Shea, Mariano Artigas
Galileo Galilei
Aufstieg und Fall eines Genies

Primus-Verlag, Darmstadt 2006
236 Seiten
ISBN 3-89678-559-1
29,90 €

Galileis Weg nach Rom

Galileo Galilei gehört zu der kleinen Gruppe von Denkern, welche die abendländische Kultur nachhaltig veränderten. Sein Konflikt mit den kirchlichen Instanzen ist eines der dramatischsten Kapitel in der langen Geschichte der Beziehung zwischen Naturwissenschaft und Religion.« Mit diesen Sätzen leiten die beiden Autoren William R. Shea und Mariano Artigas ihr neues Buch über den berühmten Forscher aus Florenz ein. Die Kurzversion des oben angesprochenen Konflikts ist schnell erzählt: Galilei erzürnt mit seinen fortschrittlichen Ideen die behäbige katholische Kirche. Da diese in ihrem alten Weltbild verharrt, kommt es zum Kampf Mittelalter gegen Moderne, in dessen Verlauf der päpstliche Goliath den David Galilei zum Widerruf zwingt und zum schmachvollen Hausarrest verdammt.

Der Fall Galileis ist eng mit seinem steilen Aufstieg verbunden. Aus einfachen, aber intellektuell anregenden Verhältnissen bringt er es bis zum Professor für Mathematik an den Universitäten in Pisa und später in Padua. Hier legt er auch den Grundstein für die heutige Physik. Doch statt als Professor in der ruhigen Provinz zu wirken, trägt er seinen Kampf gegen die Weltbilder des Aristoteles und Ptolemäus in das damalige Zentrum des Abendlands, nach Rom.

Die Fahrten Galileis in die Hauptstadt für Glaubens- und Weltanschauungsfragen nutzen den beiden Autoren zur Gliederung ihres Buchs, indem sie in sechs Kapiteln seine sechs Reisen nach Rom beschreiben. Dieser Aufbau liefert die chronologische Struktur, ohne die man als Leser schnell den Überblick verlieren würde, und setzt auch den Schwerpunkt dieser Biografie. Darin geht es den Autoren in erster Linie um die Auseinandersetzung Galileis mit seinen Zeitgenossen und dem Vatikan. Über die eigentlichen Inhalte und Methoden seiner Forschungsarbeit erfährt der Leser dagegen nur wenig. Weder die astronomischen Entdeckungen zu dieser Zeit noch sein neuer Ansatz in Abgrenzung zur tradierten aristotelischen Physik werden tiefer gehend behandelt, sondern eher nur im Vorbeigehen gestreift.

Galileo Galilei, während seiner ersten Rombesuche noch wie ein Star gefeiert, wird für die Kurie zur Belastung. Er verteidigt das heliozentrische Weltbild mit so viel Ironie und beißendem Spott, dass es den Jesuiten nicht möglich ist, eine fachliche Auseinandersetzung mit ihm zu führen. Galilei geht aber noch weiter: Indem er als Laie über die richtige Auslegung der Heiligen Schrift sinniert, attackiert er die Kirche in ihrem Kern.

Das Buch von William R. Shea und Mariano Artigas nimmt sich der ganzen Komplexität des Falls Galilei an und breitet ihn kurzweilig auf über zweihundert Seiten vor dem Leser aus. Mit dem Fokus auf den wesentlichen Streitpunkten und einer wohl dosierten Auswahl an Originalquellen entsteht ein rundes Gesamtbild. Die Person Galilei bleibt aber mysteriös: Welche Motive ihn sechsmal in die ewige Stadt geführt haben, um diesen gefährlichen Disput zu führen, bleibt leider auch nach der Lektüre schleierhaft.

>> Stefan Taube

Alle rezensierten Bücher, CD-Roms und DVDs können Sie in unserem Science-Shop bestellen.

Internet: www.science-shop.de
per E-Mail: shop@wissenschaft-online.de
telefonisch: 06221 9126-841
per Fax: 06221 9126-869

Astronomik

Neuheiten !

UHC-E Filter

Diese neue Variante aus der UHC Familie besitzt gegenüber des bekannten Astronomik UHC Filters eine etwas größere Halbwertsbreite und eine etwas geringere Transmission. Das macht ihn in der Herstellung preiswerter und somit auch für einen engen Geldbeutel erschwinglich! Trotz der kostengünstigeren Produktion übertrifft das UHC-E Filter in seiner Qualität die meisten Schmalband-Filter anderer Anbieter! Das UHC-E Filter empfiehlt sich besonders als preiswerte Alternative zum Profi UHC Filter für Geräte bis 15 Zentimeter Öffnung. ab 65.- €

6nm H-alpha Filter

Nach dem weltweiten Bestseller, hat nun auch die H-alpha Familie Nachwuchs bekommen: Das 6 nm H-alpha Filter für die CCD Fotografie! Durch die geringe HWB erreichen Sie auch bei extremer Lichtverschmutzung gute Ergebnisse oder können bei dunklen Himmel die Helligkeit der Sterne im Objektumfeld deutlich senken und die Nebel hervorheben. Wir messen die Transmission jedes einzelnen Filters und können Ihnen Exemplare mit bis zu 95% Transmission anbieten. ab 149.- €

Falls Sie unseren Katalog zugesandt bekommen möchten, senden Sie bitte €1.53 in Briefmarken an:

astro-shop
Eiffestr. 426 • 20537 Hamburg
Telefon 040 / 511 43 48 • FAX 040 / 511 45 94
astro@astro-shop.com
www.astro-shop.com

Samstag, 20. Mai

RBB / MDR

**Helden im All –
Der steinige Weg zu den Sternen**
Am 12. April 1961 sitzt an der Spitze einer Rakete ein 27-jähriger Major der Sowjetarmee, eingezwängt in eine winzige Kapsel, unter ihm tausende Tonnen hochexplosiven Treibstoffs. Bis dahin kannte niemand den tollkühnen Weltraumpiloten Juri Gagarin
Phoenix, 10.00 Uhr
Wiederholungen am 21. 5. um 3.45 Uhr und am 25. 5. um 5.45 Uhr

Sonntag, 21. Mai

**Wunder des Weltalls:
Der Mensch im Universum**
Immer schon versuchten Menschen, das Universum zu erforschen. Dabei sind die Vorstellungen seit der Antike einem ständigen Wandel unterworfen
XXP, 15.15 Uhr
Wdh. am 23. 5. um 14.55 Uhr

Montag, 22. Mai

Rote Raumfahrt: Wenn ich groß bin, flieg ich zu den Sternen
Nach dem Start des ersten Sputnik 1957 dauerte es noch 21 Jahre, bis der erste deutsche Kosmonaut, Sigmund Jähn, ins All startete. Der bescheidene Held wurde nach seiner Rückkehr von einer gigantischen Welle des Jubels überrollt
RBB, 22.15 Uhr

Dienstag, 23. Mai

**Epochen der Luftfahrt:
Auf der Schwelle zum Weltall**
Seit Sommer 1958 gibt es die Weltraumbehörde Nasa, vier Jahre später, am 17. Juli 1962, wurde Testpilot Bob White mit einer X15 zum ersten Astronauten Amerikas
XXP, 17.20 Uhr

Einmal Weltall und zurück
Am 12. April 1981 flogen die Astronauten John Young und Robert Crippen zum ersten Mal mit dem Shuttle Columbia in den Weltraum. Der erfolgreichen Mission gingen jahrzehntelange Vorbereitungen voraus
XXP, 21.55 Uhr
Wdh. am 24. 5. um 4.00 Uhr

Mittwoch, 24. Mai

Wunderbare Welt der Monde
Auf den Monden unseres Sonnensystems gibt es beeindruckende Landschaften
Discovery Channel, 20.15 Uhr
Wiederholungen am 25. 5. um 5.35 und 14.35 Uhr und am 28. 5. um 14.45 Uhr

Samstag, 27. Mai

**Der tiefe Blick ins All:
Das Radioteleskop Apex**
Das »Atacama Pathfinder Experiment« in der chilenischen Wüste ist das größte Submillimeterteleskop der Südhalbkugel. Die Antenne soll als Vorläufer des »Atacama Large Millimeter Array« dienen
ZDF Doku, 9.30, 16.30 und 20.30 Uhr
Wiederholungen am 28. 5. um 7.45 und 15.45 Uhr sowie am 31. 5. um 7.00, 18.45 und 21.45 Uhr, am 1. 6. um 8.45 und 16.45 Uhr, am 2. 6. um 9.30, 14.45 und 19.45 Uhr sowie am 3. 6. um 1.00 Uhr

Montag, 29. Mai

Mythos Mondlandung
In den letzten Jahren kamen immer mehr Zweifel auf: War die Mondlandung gefälscht und inszeniert?
Discovery Channel, 20.15 Uhr
Wdh. am 30. 5. um 5.35 Uhr

**Mission Alien Planet –
Leben auf Darwin IV**
Wie würden wir reagieren, wenn wir auf einem fremden Planeten Leben entdecken würden? Hätte die Evolution dort genau so stattfinden können wie auf der Erde? Eine virtuelle Mission zu Darwin IV, einem fernen Planeten, soll Antworten auf diese Fragen liefern
Discovery Channel, 21.10 Uhr
Wiederholungen am 30. 5. um 6.30 Uhr und am 2. 6. um 8.25 Uhr

**Blick in die Sterne –
Die Entdeckung des Universums**
Schon die Babylonier wussten, dass Planeten wandern. Kopernikus proklamierte 1509, die Erde bewege sich um die Sonne, und 1571 berechnete Johannes Kepler die Planetenbahnen. Den Beweis für die Sonne als Mittelpunkt unseres Systems lieferte Galileo Galilei. Er benutzte als Erster das Fernrohr zur Himmelsbeobachtung.
3sat, 23.10 Uhr

Dienstag, 30. Mai

Die Rakete – Hermann Oberth und Wernher von Braun
Hermann Oberth und Wernher von Braun setzten mit ihrer Arbeit Meilensteine für die Raumfahrt und Raketentechnik
MDR, 13.45 Uhr

Mittwoch, 31. Mai

**Die Erde, unser Planet (1/4):
Kontinente auf Wanderschaft**
Wie Eisschollen treiben die Kontinente auf dem flüssigen Erdinnern. Große Naturkatastrophen wie Erdbeben und Vulkanausbrüche hängen damit zusammen
SWR, 8.40 Uhr

**Wissenschaft und Umwelt
Die Erde – einsam im All?**
Ist es denkbar, dass Leben auf anderen Planeten unseres Sonnensystems existiert? Forscher von der europäischen Südsternwarte (Eso) in Chile sind davon überzeugt. Michael Sterzig und seine Kollegen suchen nach Planeten, die um ferne Sterne kreisen und möglicherweise Leben beherbergen
Phoenix, 19.15 Uhr

Dienstag, 6. Juni

Prisma: Geheimnisvolles Polarlicht
Die Aurora Borealis kann für Stromausfälle, Fluzeugunglücke und Satellitenausfälle ver-

antwortlich sein. Zudem stellt das Polarlicht eine nicht zu unterschätzende Gefahr für Weltraummissionen dar
NDR, 23.00 Uhr

Auswahl aus dem Fernsehangebot zu Themen aus Astronomie und Raumfahrt der kommenden Wochen. Kurzfristige Programmänderungen sind möglich.

EVENTS

19.–21.5.: Publikumstage auf der Internationalen Luft- und Raumfahrtausstellung. Internet: www.ila-berlin.de

20.5.: Veränderlichenbeobachter-Treffen. Bruno-H.-Bürgel-Sternwarte, Töpelstr. 43, D-04746 Hartha. Am Vorabend zwangloses Zusammensein. Informationen: Werner Braune, Münchener Str. 26-27, D-10825 Berlin, Tel. 030 7848453,
E-Mail: zentrale@bav-astro.de

25.5.–27.5.: Niederösterreichisches Teleskoptreffen (NTT): Gasthof Gaupmann, Ebenwaldhöhe bei Kleinzell/Niederösterreich. Vorträge, Großteleskope von Amateurastronomen, Astroflohmarkt. Informationen: Charly Binder, Tel.: +43 2742 882492,
E-Mail: charly.binder@chello.at
Internet: www.noe-sternwarte.at

24.–28.5.: ITV – Internationales Teleskoptreffen Vogelsberg. Beobachtung mit und ohne eigenes Teleskop. Sportanlage des SV Stumpertenrod, D-36325 Stumpertenrod, Internet: www.teleskoptreffen.de

25.5.–28.5.: 30. Sonne-Tagung der Amateursonnenbeobachter in Germerode, Nordhessen. Vorträge, Arbeitsgruppen, Besuch des Max-Planck-Instituts für Sonnensystemforschung. Informationen: Michael Delfs, Waldsassener Str. 23, D-12279 Berlin,
E-Mail: sonnetagung2006@arcor.de
Internet: www.sonnetagung.de

2.6.–5.6.: 25. Planeten- und Kometentagung. Ort: Bruder-Klaus-Heim, Violau, Nähe Augsburg. Info und Anmeldung: www.violau.istcool.de oder Wolfgang Meyer, Martinstr. 1, D-12167 Berlin, E-Mail: arnoldix@snafu.de

10.6.–11.6.: 9. Kleinplanetentagung der Fachgruppe »Kleine Planeten«. Volkssternwarte und Zeiss-Planetarium Drebach. Information: www.kleinplanetenseite.de, oder Gerhard Lehmann, Persterstr. 6h, D-09430 Drebach

Auch Ihre Termine können hier kostenlos stehen! Für die Juli-August-Ausgabe schicken Sie bis zum 15. Mai 2006 eine E-Mail an: redaktion@astronomie-heute.de

Private Kleinanzeigen (S. 81)

… mit bis zu fünf Zeilen für Abonnenten von ASTRONOMIE HEUTE kostenlos!

ASTRONOMIE HEUTE-Abonnenten können private Kleinanzeigen mit bis zu fünf Zeilen pro Ausgabe kostenlos schalten. Jede weitere Zeile kostet für Abonnenten 5,– €. Geben Sie bitte bei Einsendung von Kleinanzeigen stets Ihre Kundennummer an. Diese entnehmen Sie Ihrer Abonnementrechnung oder dem Adressträgerblatt.

Für Nichtabonnenten gelten folgende Preise:

bis zu drei Zeilen	22,– €
jede weitere Zeile	5,– €

Bitte beachten Sie: Ist der verfügbare Platz in einer Ausgabe vergeben, behält sich die Redaktion das Recht vor, später eintreffende Anzeigen in die nächstverfügbare Ausgabe zu verschieben. Eine Zeile enthält durchschnittlich vierzig Zeichen. Alle Preise zuzüglich gesetzlicher Mehrwertsteuer. Die Grundgebühr pro Anzeige ist bereits eingerechnet. Gleichzeitig erhalten Sie einen Eintrag in unserer Online-Kleinanzeigendatenbank für die Verkaufsdauer des jeweiligen Hefts.

Bitte senden Sie Ihre Kleinanzeige an:
Spektrum der Wissenschaft, Redaktion ASTRONOMIE HEUTE, Slevogtstr. 3–5, D-69126 Heidelberg, Fax: 06221 9126-769,
E-Mail: kleinanzeigen@astronomie-heute.de

1. Internationale Astronomie-Messe

- **Große Teleskopausstellung**
  Teilnahme zahlreicher Händler und Hersteller
- **Ernst Abbe, Carl Zeiss Jena**
  Einzigartige Ausstellung auf über 100 qm: Nur auf der AME2006
- **Verlosung**
  Gewinnen Sie ein Wochenende in einem Luxushotel, Buchpreise u.v.m.
- **Messe-Flyer**
  Fordern Sie den Flyer unter Tel. 0741 2706210 an oder zum Download als PDF (160 kB) unter www.astro-messe.de

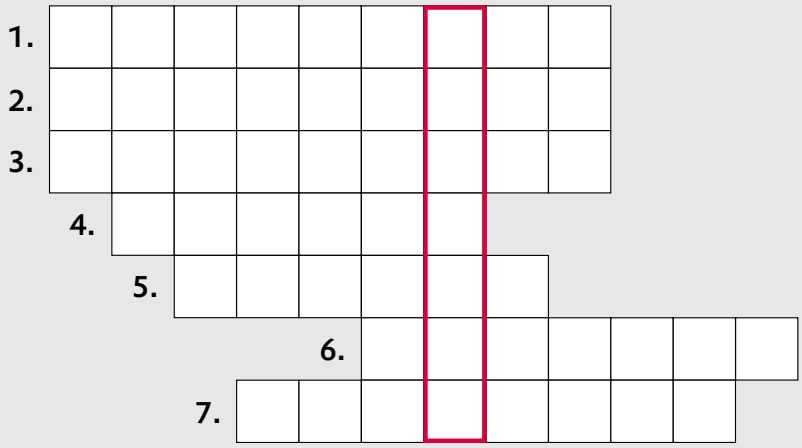
- **Wann / Wo?**
  16. September 2006, Messegelände 78054 VS-Schwenningen, 6000 kostenlose Parkplätze, 10 Gehminuten vom Bahnhof

www.astro-messe.de
info@astro-messe.de

PREISRÄTSEL

Gewinnen Sie einen Sechszöller mit ASTRONOMIE HEUTE! Teil 4

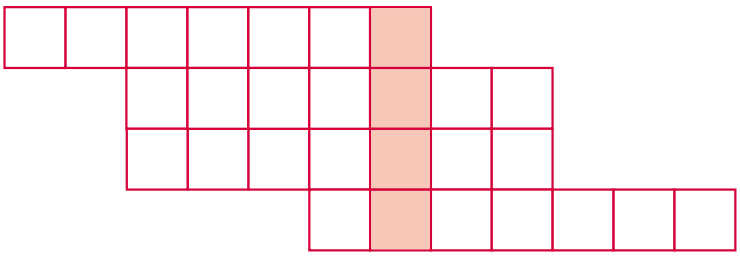
1. Deutscher Name einer Region auf dem Mars, deren Aussehen – von der Erde betrachtet – sich verändert
2. Von Isaac Newtons »actio = reactio« abgeleitetes Prinzip, nach dem Raketen funktionieren
3. Ort an der ägyptisch-libyschen Grenze, von dem aus die AH-Leserreise die Sonnenfinsternis beobachtete
4. Griechischer Buchstabe, wird auch zur Bezeichnung der kosmologischen Konstante verwendet
5. In Entwicklung befindliche russische Trägerraketenfamilie der Firma Krunitschew
6. Eigenname eines Sterns im Schwanz des Drachen
7. Optiker der Sowjetunion, entwickelte eine Klasse katadioptrischer Teleskope



Bitte schicken Sie das rot umrandete Lösungswort per E-Mail an preisraetsel@astronomie-heute.de oder auf einer Postkarte an Spektrum der Wissenschaft, Stichwort ASTRONOMIE HEUTE 6/2006, Postfach 10 48 40, D-69038 Heidelberg. Einsendeschluss ist der 6. 6. 2006. Letzter Teil einer vierteiligen Rätselreihe. Das Lösungswort dieses Teils wird nachfolgend für das Lösen des Superrätsels um den Hauptpreis (»LXD55«) benötigt. Unter den Einsendern der Einzellösung werden weitere Sachpreise gezogen, siehe unten. Bei mehreren richtigen Lösungen entscheidet das Los. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen. Auflösung und Gewinner stehen in der September-Ausgabe, im Handel ab Donnerstag, dem 10. August 2006.

SUPERSOMMERRÄTSEL

Finden Sie die Reihenfolge, in der die vier Lösungswörter der Ausgaben von März bis Juni 2006 in den roten Kästchen einen in der Astronomie bekannten Begriff ergeben. Schicken Sie diesen bis zum 6.6. mit dem Stichwort »AH-Superrätsel« an den Verlag (Adressen siehe oben). Unter den richtigen Einsendern wird das »LXD55« verlost (Beschreibung siehe unten). Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.



Hauptpreis des Superrätsels: »LXD55« Sechs-Zoll-Reflektor von Meade, www.meade.de.

Katadioptrisches Spiegelteleskop der Bauart Schmidt-Newton. Optik UHTC-vergütet. Brennweitenverhältnis f/5. Inklusive Go-to-Computermontierung und Stativ. Gesamtwert zirka 1150 €. Wird verlost unter den richtigen Einsendungen des Superrätsels mit den jeweiligen Lösungsworten aus den Einzelrätseln der Ausgaben März, April, Mai und Juni 2006

1. – 3. Preis: »Spektrum-Cube« Ein Puzzle-Würfel à la Rubik mit 5,7 Zentimeter Kantenlänge. Auf den Seiten Motive der Titel des Spektrum-Verlags: Abenteuer Archäologie, ASTRONOMIE HEUTE, Gehirn&Geist, Spektrum der Wissenschaft, spektrumdirekt, Sterne und Weltraum

Lösung des Preisrätsels im April-Heft:

				A	M	M	O	N	I	A	K			
								A	R	K	T	I	S	
D	O	P	P	L	E	R	M	E	T	H	O	D	E	
								A	R	E	S		V	A	L	L	I	S
								E	I	F	F	E	L	
						O	K	U	L	A	R			
						A	R	M	S	T	R	O	N	G

LÖSUNG:

Natrium: chemisches Element, das in Atmosphären von Exoplaneten nachgewiesen wurde

Gewinner des Aprilrätsels:

1. Gerhard Berndt, Erfurt (Buch »Geschichte der Nasa«); 2. Dieter Woellner, Landsberg am Lech (Bildatlas »Outer Space«), 3. Ulrich Käppler, Lengefeld (Briefbeschwerer »Saturn/Cassini«)

Der Marktplatz rund um die Astronomie. Hier finden Sie interessante Angebote, die Ihr Hobby noch spannender machen. Sie wollen hier Ihre Produkte anbieten? Setzen Sie sich mit uns in Verbindung – wir beraten Sie gerne! Erkundigen Sie sich auch über die günstigen Preise der Anzeigenkombination von ASTRONOMIE HEUTE mit Sterne und Weltraum!

Mehr Informationen

Karin Schmidt
E-Mail: schmidt@spektrum.com

Besuchen Sie die Astro-Messe AME 2006: www.astro-messe.de

Wieder da! »STELLARSCOPE« – das praktische Mini-Planetarium für den Sternfreund zum Auffinden der Sterne und Sternbilder für jeden Ort und zu jeder Zeit! **Jetzt nur EUR 45,00!**
Weltraum-Versand Stefan Böhle,
Connollystr. 29/2, 80809 München,
Tel.: 0162 5910355,
E-Mail: kontakt@weltraum-versand.de,
www.weltraum-versand.de

Private Kleinanzeigen

Informationen und Preise auf S. 79

Verkaufe 16-Zoll-Meade-Dobson inkl. 26- und 9,7-Millimeter-Plössl, Brennw. 1830 Millimeter f/4,5, Crayford-Okularauszug. Preis 1800,–€ VH, Werner Prendel, E-Mail: wprendel@aol.com

Gut erhaltene CCD-Kamera bis zu 750,–€ gesucht, wenn möglich geeignet für Farbaufnahmen. Tel.: 05731 23310, E-Mail: rainer.boknecht@t-online.de

Bauteile für Newton, Spiegeldurchm.: 270 mm, Brennweite zirka 1500 Millimeter, passendes Rohr u. a. Teile, Okulare 31 mm Steckdurchm., Stativ, Fachzeitschriften SuW. Preise nach Absprache, Tel.: 02620 793.

Acht Super-Plössl-Okulare (6,4 bis 40 Millimeter) der Meade Serie 4000 im dazugehörigen Originalkoffer. Gut gepflegt, leichte Klemmspuren. NP 560,–€ / VB 330,–€. E-Mail: pet.thiel@web.de; Tel.: 089 7607422

Celestron NexStar 5i Go-to-Teleskop mit Starpointer,1 ¼-Zoll-25-Millimeter-Plössl, Baader-Hartholzstativ, Sonnenfilter, Taukappe, Selbstabholer, neuwertig 1750,–€ VB. Tel.: 06152 83812, E-Mail: themisto@gmx.de

Foto-CD mit über 600 eigenen Astrofotos zu Gunsten der Kindernothilfe zu verkaufen für 12,–€ sowie gute Originaldias (MoFi, Mondkrater, Jupitermonde usw.) auf VHB. Fotos und E-Mail siehe www.martin-wagner.org

VORSCHAU

Baustein des Lebens

Auch wenn Dunkelwolken (Bildmitte: der Kohlensack) uns glauben machen, Kohlenstoff wäre häufig, war seine Bildung eines der großen Rätsel der Astrophysik

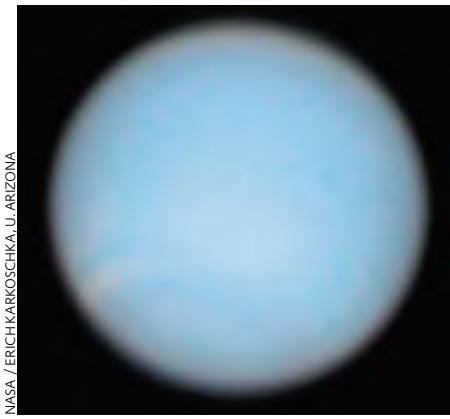
ECKHARD SLAWIK

J. KELLY BEATTY

Kamera läuft – und: Action!

Was mit Webcams geht, funktioniert auch mit Videokameras. Wir verraten, wie Sie – mit etwas Computereinsatz – zu fantastischen Astroaufnahmen kommen

C. M. UTTER, NIGHT SKY



NASA / ERICH KARKOSCHKA, U. ARIZONA

Der Planeten sind es neun

… wenn man den von Clyde Tombaugh entdeckten Pluto dazuzählt. AH nimmt Sie mit auf die jahrhundertelange Erkundung des Sonnensystems

Die anderen blauen Planeten

Uranus und Neptun ähneln unserer Erde nur in der Farbe. Lesen Sie, wo und wie Sie die beiden Gasriesen diesen Sommer beobachten können

IMPRESSUM

Chefredakteur: Dr. Jakob Staude (v.i.S.d.P.)
Redaktion: Dr. Oliver Dreissigacker (Ltg., Chef vom Dienst), Stephan Fichtner, Dr. Joachim Schüring
Ständige Mitarbeit: Dr. Frank Schubert
Artdirector/Layout: Karsten Kramarczik
Layout: Marc Grove, Claus Schäfer
Schlussredaktion: Christina Peiberg (kom. Ltg.), Sigrid Spies, Katharina Werle
Bildredaktion: Alice Krüßmann (Ltg.), Anke Lingg, Gabriela Rabe
Mitarbeit an diesem Heft: Stephanie Hügler, Corinna Karow, Carolin Konermann, Dagny Lüdemann, Dr. Monika Maintz, Ulrich Zehndbauer
Redaktionsassistenz: Britta Feuerstein
Redaktionsanschrift: Postfach 10 48 40, D-69038 Heidelberg, Tel.: 06221 9126-765, Fax: 06221 9126-769, E-Mail: redaktion@astronomie-heute.de
Herstellung: Natalie Schäfer, Tel.: 06221 9126-733
Einzelverkauf: Anke Walter (Ltg.), Tel.: 06221 9126-744
Marketing: Annette Baumbusch (Ltg.), Tel.: 06221 9126-741, E-Mail: marketing@spektrum.com
Leserservice: Tel.: 06221 9126-743, E-Mail: marketing@spektrum.com
Geschäftsleitung: Markus Bossle, Thomas Bleck

Verlagsleiter: Dr. Carsten Könneker
Objektleiter Astronomie: Stephan Fichtner
Verlag: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Postfach 10 48 40, D-69038 Heidelberg; Hausanschrift: Slevogtstraße 3–5, D-69126 Heidelberg, Tel.: 06221 9126-600, Fax: 06221 9126-751
Amtsgericht Heidelberg, HRB 338114
Vertrieb und Abonnementverwaltung: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, c/o ZENIT Pressevertrieb GmbH, Postfach 81 06 80, D-70523 Stuttgart, Tel.: 0711 7252-192, Fax: 0711 7252-366, E-Mail: spektrum@zenit-presse.de, Vertretungsberechtigter: Uwe Bronn
Bezugspreise: Einzelheft: € 6,50, Jahresabonnement Inland (10 Ausgaben): € 56,–, Jahresabonnement Ausland: € 61,–, Jahresabonnement ermäßigt Inland (gegen Schüler- oder Studentennachweis): € 50,–, Jahresabonnement ermäßigt Ausland (gegen Schüler- oder Studentennachweis): € 55,–. Zahlung sofort nach Rechnungserhalt. Konto: 22 706 708, Postbank Stuttgart (BLZ 600 100 70).
Die Mitglieder der Vereinigung der Sternfreunde e. V. (VdS) erhalten ASTRONOMIE HEUTE zum gesonderten Mitgliedsbezugspreis.
Anzeigen/Druckunterlagen: VMS Limperg Verlags- & MedienService, Sudetenstraße 16, D-63486 Bruchköbel, Tel.: 06181 729-04, Fax: 06181 729-84, E-Mail: f.limperg@limperg.de
Anzeigenpreise: Zurzeit gilt die Preisliste Nr. 4 vom 1. November 2005.
Gesamtherstellung: Westermann Druck GmbH, D-38104 Braunschweig

Sämtliche Nutzungsrechte an dem vorliegenden Werk liegen bei der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH. Jegliche Nutzung des Werks, insbesondere die Vervielfältigung, Verbreitung, öffentliche Wiedergabe oder öffentliche Zugänglichmachung, ist ohne die vorherige schriftliche Einwilligung der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH unzulässig. Jegliche unautorisierte Nutzung des Werks berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Bei jeder autorisierten (oder gesetzlich gestatteten) Nutzung des Werks ist die folgende Quellenangabe an branchenüblicher Stelle vorzunehmen: © 2006 (Autor), Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Heidelberg. Jegliche Nutzung ohne die Quellenangabe in der vorstehenden Form berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Für unaufgefordert eingesandte Manuskripte und Bücher übernimmt die Redaktion keine Haftung; sie behält sich vor, Leserbriefe zu kürzen.

ISSN 1610-8728, www.astronomie-heute.de

Sky & Telescope (S & T) und Night Sky: New Track Media LLC, 49 Bay State Road, Cambridge, MA 02138-1200, USA; Publisher: Susan B. Lit; Editor in Chief: Richard Tresch Fienberg, Ph.D.; VP of Marketing & Business Development: Marcy L. McCreary. Die Übersichts- und Ausschnittssternkarten von ASTRONOMIE HEUTE wurden mit Software und Designelementen von Roger W. Sinnott und Steven Simpson erstellt.

Wir übernehmen keine Haftung für die Inhalte externer Webseiten. Für den Inhalt der angegebenen Seiten sind ausschließlich deren Betreiber verantwortlich.